차 례

실험, 탐구

참 고

머리말

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《다른 기초과학도 그렇지만 최근년간에 세계적으로 생물학이 매우 빨리 발전하고있습니다.》

최근년간 생물학분야에서는 생명의 본질을 깊이 밝히고 그 성과를 인민경제와 인민생활향상에 적극 응용하기 위한 연구가 빠른 속도로 진행되고있다.

그리하여 생명현상의 물림새가 적지 않게 밝혀지고 생물공학적방법으로 새로운 동식물품종을 짧은 기간에 손쉽게 만들며 유전병을 비롯한 난치의 병들도 정확히 진단하여 치료할수 있는 확고한 전망이 열려진것을 비롯하여 여러가지 문제들이 해결되였다.

그러나 생물학분야에서는 아직도 할 일이 많이 남아있다.

생물학분야에서는 농업, 축산업, 수산업 등 생물을 다루는 경제분야를 높은 과학적토대우에 올려세워 알곡과 남새, 고기와 알 등의 생산량을 늘이고 인민들의 건강을 보호증진시키며 나라의 생물자원을 더욱 늘이고 효과적으로 개발리용하는데서 나서는 문제들을 풀어 강성국가건설을 빨리 다그쳐나가는데 이바지하여야 한다.

6학년 《생물》과목에서는 이 과업을 해결하는데 필요한 생물학적내용들을 학습하게 된다.

즉 생물체를 이루고있는 생체물질들과 생물체의 주요속성인 물질대사와 에네르기대사, 항상성과 행동, 생태 그리고 생물의 속성을 응용하는 분야인 생물공학과 그 리용, 생물학의 전망에 대하여 학습하게 된다.

우리들은 경애하는 **김정은**선생님의 선군혁명령도를 높이 받들고 6학년《생물》과목을 열심히 학습하여 강성국가건설을 과학과 기술로써 적극 빛내여나가는 혁명인재로 튼튼히 준비해나가야 한다.

제1장. 물질대사와 에네르기대사

제1절. 주요생체물질

・단백질, 당질, 기름질, 핵산의 구조와 기능은 무엇인가?

생체물질가운데서 량적으로 보나 기능적으로 보나 가장 중요한것은 단백질, 당질, 기름질, 핵산이다.

1. 단백질

단백질은 세포나 조직의 기본구성성분이다. 단백질은 세포막, 세포질, 힘살, 피부, 붉은피알들을 이루는 주요성분이며 효소, 항체, 일부 호르몬도 단백질로 되여있다. 단백질은 생명활

동에 필요한 에네르기원천물질로도 쓰인다.

그러므로 단백질을 떠난 생명현상을 생각할수 없다.

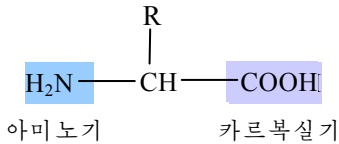
단백질은 아미노산으로 이루어진 고분자화합물이다.

단백질의 분자량은 보통 1만이상이다.

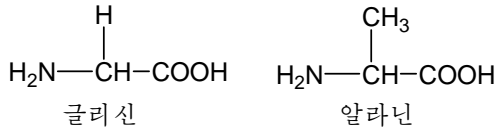
아미노산

아미노산은 하나의 분자안에 아미노기와 카르복실기를 다 가지고있는 유기화합물이다.

$$H_2N - \underset{|}{\overset{R}{CH}} - COOH$$

아미노기　　　카르복실기

동물, 식물, 균, 세균의 단백질은 거의 동일한 20여가지 아미노산으로 이루어졌다. 이 아미노산들은 주로 R가 서로 다르다.

$$H_2N - \overset{H}{CH} - COOH \qquad H_2N - \overset{CH_3}{CH} - COOH$$

글리신　　　알라닌

식물은 단백질합성에 필요한 모든 종류의 아미노산을 자체로 합성하는 능력을 가지고있다. 그러나 사람이나 동물은 일부 아미노산을 합성하지 못한다. 그러므로 그러한 아미노산들을 외부로부터 받아들여야 정상적인 생활을 할수 있다.

음식물이나 먹이를 통하여 섭취해야 하는 아미노산을 **필수아미노산**이라고 부른다.

사람의 필수아미노산에는 10가지 즉 발린, 로이신, 이소로이신, 트레오닌, 메티오닌, 페닐알라닌, 히스티딘(어린이), 리진, 트립토판, 아르기닌(어린이)이 속한다.

생각하기

닭은 단백질합성에 필요한 아미노산이 한가지라도 없으면 정상알을 만들지 못한다.

○ 닭공장에서 배합사료를 만들 때 어떤 점을 주의해야 하겠는가?

생물의 몸안에서 단백질이 만들어지자면 아미노산들이 서로 결합하여야 한다.

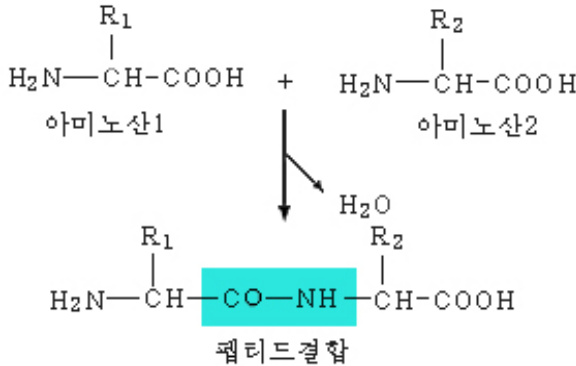
아미노산들은 펩티드결합에 의하여 서로 련결된다.

펩티드결합은 한 아미노산의 카르복실기와 린접한 아미노산의 아미노기사이에 물 한 분자가 떨어지면서 이루어진다.

펩티드결합을 한 화합물을 **펩티드**라고 부른다.

두개의 아미노산으로 된것을 **디펩티드**, 세개의 아미노산으로 된것을 **트리펩티드**, 수많은 아미노산으로 된것을 **폴리펩티드**라고 부른다. 습관적으로는 10개이상의 아미노산으로 이루어진 펩티드를 폴리펩티드라고 부른다.

$$H_2N-CH(R_1)-COOH + H_2N-CH(R_2)-COOH \rightarrow H_2N-CH(R_1)-CO-NH-CH(R_2)-COOH + H_2O$$

아미노산1 아미노산2

펩티드결합

단백질은 폴리펩티드사슬이 한개 또는 둘이상 모여서 이루어졌다.

단백질의 구조

단백질의 구조는 1차, 2차, 3차, 4차구조로 나눌수 있다.

단백질의 1차구조는 폴리펩티드사슬에서 아미노산의 배렬순서를 반영한 구조이다. 단백질의 1차구조는 펩티드결합에 의해서 유지된다.

아미노산배렬순서에서 한개의 아미노산이 달라져도 다른 단백질로 된다. 생물종의 다양성은 몸을 이루는 단백질의 1차구조의 다양성과 관련된다.

단백질의 2차구조는 1차구조를 이룬 폴리펩티드사슬이 라선모양으로 꼬이거나 주름진 판모양으로 된 구조이다.

펩티드결합
1 차구조
아미노산
2차구조
3 차구조
4 차구조

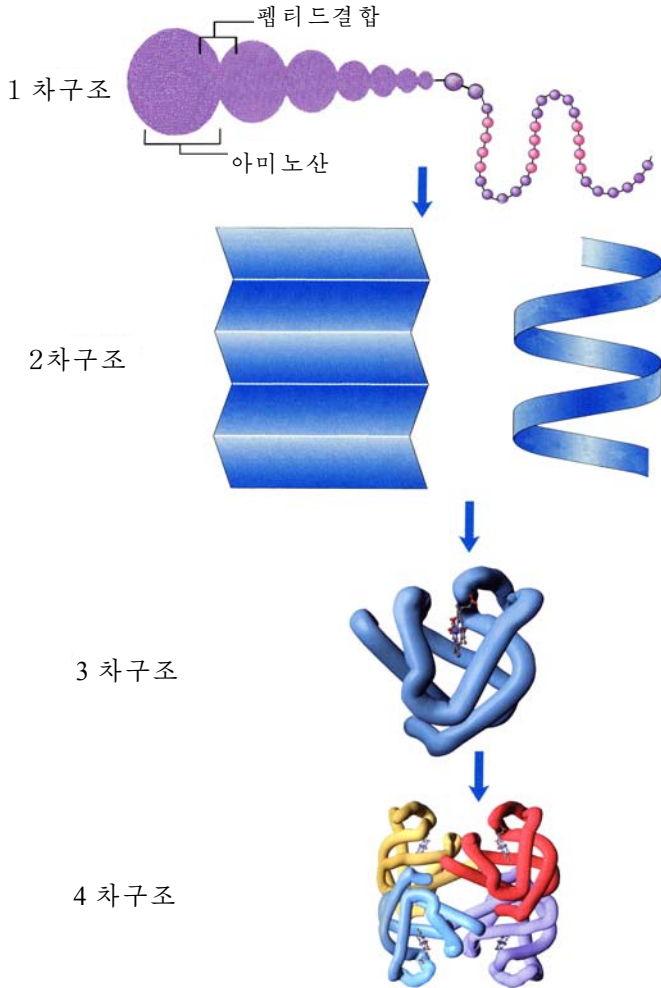



그림 1-1. 단백질의 구조

단백질의 2차구조는 한 펩티드결합에 있는 O와 다른 펩티드결합에 있는 H사이의 규칙적인 수소결합에 의하여 유지된다.

※ 전기음성도가 큰 원자들인 O, N 등이 하나의 수소원자를 사이에 두고 정전기적끌힘에 의하여 이루어지는 비원자가결합을 **수소결합**이라고 부른다.

단백질의 3차구조는 2차구조를 가진 폴리펩티드사슬이 다시 구부러지고 접히면서 이루어진 립체구조이다.

단백질의 3차구조는 곁사슬의 R들사이의 수소결합을 비롯한 약한 결합에 의하여 안정하게 유지된다.

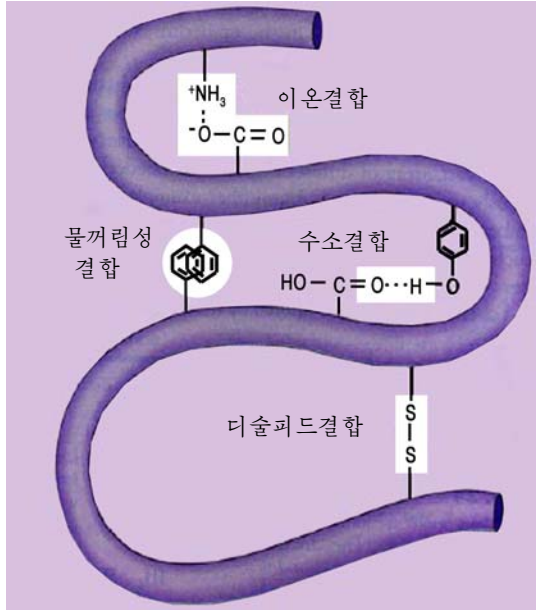
단백질의 3차구조는 효소의 구조가 완성되게 하여 촉매활성을 보장하는데서 중요한 역할을 한다.

단백질의 4차구조는 3차구조를 이룬 폴리펩티드사슬이 여러개 모여서 이루어진 구조이다.

피에서 산소를 나르는 헤모글로빈은 4개의 폴리펩티드사슬이 모여서 4차구조를 이루고있다.

그림 1-2. 아미노산곁사슬의 호상작용

단백질의 구조는 주로 수소결합을 비롯한 약한 결합으로 되여있으므로 열이나 효소의 작용에 의해 쉽게 변할수 있다.

이런 현상을 **단백질의 변성**이라고 부른다.

생각하기

○ 단백질의 1차, 2차, 3차, 4차구조의 다른 점은 무엇인가?
○ 단백질의 3차, 4차구조의 의의는 무엇인가?

2. 당 질

당질은 식물의 빛합성에 의하여 CO_2과 H_2O로부터 만들어진다. 당질에는 포도당, 사탕, 농마, 섬유소 등이 속한다.

당질은 생물의 몸을 이루는데 쓰인다.

당질은 마른 질량으로 식물체에는 약 90%, 동물체에는 2% 정도 들어있다.

생각하기

○ 당질은 왜 식물에 많고 동물에는 적은가?

특히 당질은 몸안에서 분해되면서 생명활동에 필요한 에네르기를 보장하는 기본원천이다.

이밖에 핵산, 단백질을 비롯한 생체물질을 만드는 재료물질로도 쓰인다.

당질은 그 구성단위의 결합정도에 따라 3개의 무리 즉 단당류, 소당류, 다당류로 나눈다.

해보기

당질의 매개 무리에 속하는 대표물질은 다음과 같다.
단당류: 포도당, 과당 등
소당류: 사탕, 길금당, 젖당, 저분자덱스트린 등
다당류: 농마, 글리코겐, 섬유소 등
매개 물질 0.5g을 시험관에 각각 넣고 물을 3mL씩 넣는다.

○ 물에 용해되는것과 용해되지 않는것을 갈라보아라.
○ 매 시험관에 들어있는 당질의 맛을 보고 단맛이 있는것과 없는것을 갈라보아라.
○ 요드용액을 몇방울 떨구어볼 때 어떤 변화가 일어나는가?

단당류

단당류는 더 작은 단위로 분해되지 않는 단순한 당질이다.

단당류는 소당류나 다당류의 기본구성단위로도 된다.

단당류는 물에 잘 풀리고 단맛을 가진다.

단당류는 탄소원자수에 따라 3탄당($C_3H_6O_3$), 4탄당($C_4H_8O_4$), 5탄당($C_5H_{10}O_5$), 6탄당($C_6H_{12}O_6$), 7탄당($C_7H_{14}O_7$)으로 나눈다.

이가운데서 리보즈, 데옥시리보즈와 같은 5탄당과 포도당, 과당과 같은 6탄당이 가장 많으며 생리적으로도 중요한 역할을 한다.

리보즈(5 탄당) 포도당(6 탄당) 과당(6 탄당)

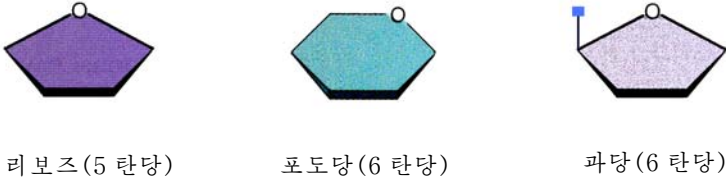



그림 1-3. 5 탄당과 6 탄당의 구조모형

단당류는 수용액에서 대체로 고리모양의 구조를 가진다.

그러나 일부는 사슬모양구조를 가진다.

소당류

소당류는 적은 수(2~6)의 단당분자가 결합되여 이루어진 당질이다.

소당류는 결합한 단당분자의 수에 따라 이당류, 삼당류, 사당류 등으로 나눈다.

생물계에 널리 분포되여있으면서 중요한 의의를 가지는것은 이당류이다.

여기에는 농마를 효소로 분해할 때 얻어지는 길금당과 우유속의 젖당, 사탕무우나 사탕수수의 사탕 등이 속한다. 길금당은 두 분자의 포도당, 사탕은 한 분자씩의 포도당과 과당으로 이루어졌다.

길금당 사탕

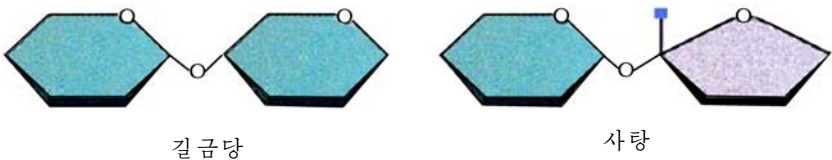



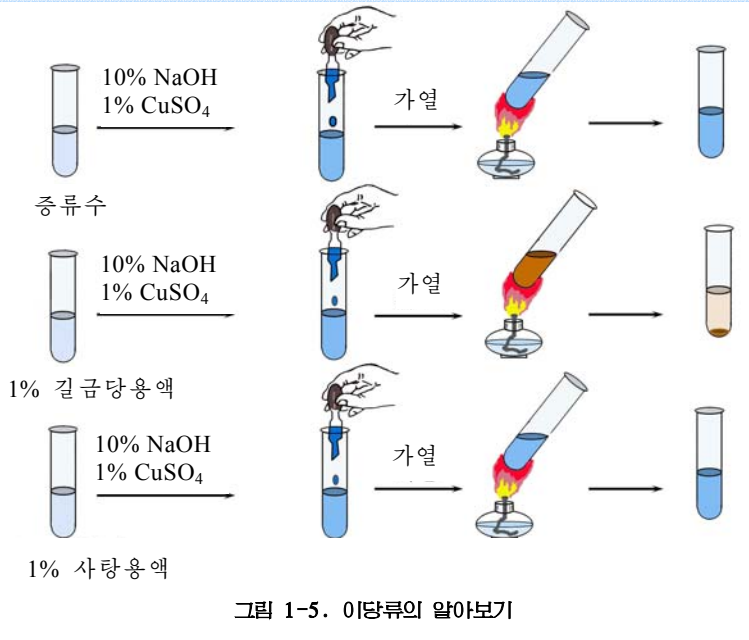
그림 1-4. 길금당과 사탕의 구조모형

생각하기

○ 사탕과 길금당의 구조에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?

보이기실험

당류의 알아보기

그림 1-5. 이당류의 알아보기

그림에서와 같이 첫번째 시험관에는 증류수, 두번째 시험관에는 1% 길금당용액, 세번째 시험관에는 1% 사탕용액을 각각 2mL씩 넣는다.

여기에 10% NaOH용액과 1% $CuSO_4$용액을 매개 시험관에 2mL씩 넣은 다음 열을 준다.

○ 어떤 변화가 생겼는가?

○ 검붉은색의 침전물이 생기는것과 생기지 않는것은 무엇때문인가?

다당류

다당류는 수많은 단당분자들이 결합하여 이루어진 고분자화합물이다. 다당류에는 농마, 섬유소, 글리코겐 등이 속한다.

농마, 글리코겐, 섬유소의 기본단위물질은 포도당이다.

농마는 벼, 강냉이, 밀, 보리와 같은 벼과식물의 씨앗과 감자덩이줄기의 기본성분이다.

흰쌀에는 71~80%, 강냉이에는 61~76%, 감자에는 12~24%, 밀에는 63% 들어있다.

글리코겐은 동물에 있는 저장다당류인데 농마와 비슷하므로 **동물성농마**라고 부른다.

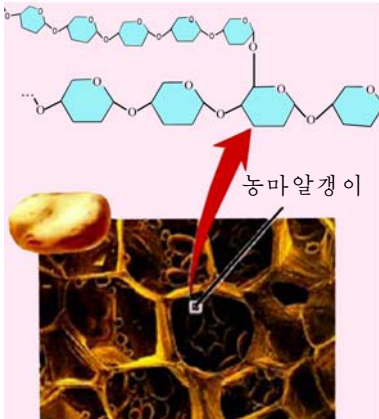



그림 1-6. 농마의 구조모형

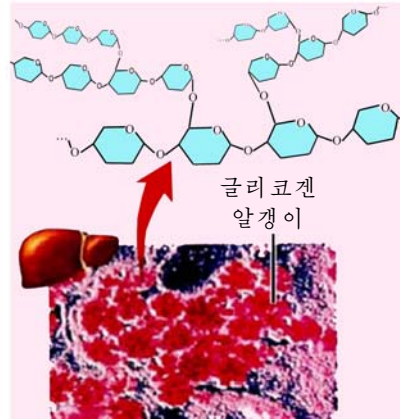



그림 1-7. 글리코겐의 구조모형

생각하기

○ 농마와 글리코겐의 구조에서 같은 점과 다른 점을 찾아보아라.

글리코겐은 생질량으로 간에 10%, 힘살에는 1~2% 들어있다. 간은 글리코겐을 포도당으로 분해하거나 포도당을 글리코겐으로 합성하면서 피속의 혈당량을 일정한 수준(0.1%)으로 유지한다.

힘살의 글리코겐은 힘살수축의 에네르기원천으로 쓰인다.

섬유소도 포도당으로 이루어져있다.

섬유소는 식물세포벽의 기본구성물질이다. 섬유소는 종이나 천의 원료로 쓰인다.

섬유소는 나무에 약 50%, 갈에 50~55%, 목화솜에 90%이상 포함되여있다.

3. 기름질

기름질은 세포막을 비롯한 세포구조물들의 조성성분의 하나이며 생명활동의 주요에네르기원천물질로 리용된다. 그밖에 사람과 고등한 동물의 몸에서 체온을 일정하게 유지하게 한다.

기름질의 기본원소조성은 C, H, O이고 일부 P, N도 들어있다. 물불임성을 가진 산소분자가 적고 물꺼림성탄화수소사슬이 기본을 이룬다.

기름질은 물에 풀리지 않고 에테르, 아세톤, 휘발유 등 유기용매에 풀리는 화합물이다. 기름질에는 기름, 린기름질, 스테로이드 등이 속한다.

해보기

시험관에 물 2mL와 기름 2~3방울 넣고 흔들어보아라.

5분정도 지나서 기름과 물이 갈라진 다음 에테르나 휘발유를 넣고 흔들어보아라. 어떤 현상이 일어나는가, 그것은 무엇을 의미하는가?

기름

기름은 글리세린과 기름산이 물을 잃으면서 결합한 화합물이다.

기름조성에 들어가는 유기산을 **기름산**이라고 부른다.

기름산의 탄소수는 보통 16~18개이다.

글리세린 — 기름산 1
글리세린 — 기름산 2
글리세린 — 기름산 3

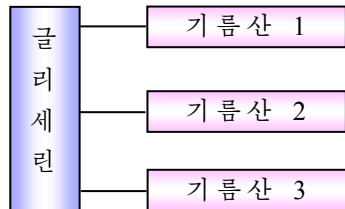



그림 1-8. 기름의 구조모형

기름산분자에서 탄소와 탄소사이의 결합이 모두 단결합이면 **포화기름산**, 2중결합을 한개 또는 몇개 포함하고있으면 **불포화기름산**이라고 부른다. 식물성기름은 불포화기름산, 동물성기름은 포화기름산을 주로 많이 포함하고있다.

생각하기

○ 식물성기름과 동물성기름의 다른 점은 무엇인가?

린기름질

린기름질은 린산을 가진 기름질이다. 실례로 레시틴을 들수 있다.

레시틴은 글리세린이 두 분자의 기름산, 린산, 콜린과 결합한 화합물이다. 레시틴은 세포막의 주요조성성분으로 들어있다.

콜린 | 린산 | 글리세린 | 기름산 1 | 기름산 2

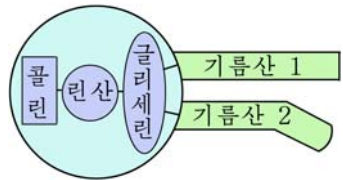



그림 1-9. 레시틴의 구조모형

스테로이드

스테로이드는 6탄소고리 3개와 5탄소고리 1개를 가진 화합물이다.

실례로 콜레스테롤을 들수 있다.

콜레스테롤은 정상사람인 경우 몸질량의 0.2%정도 들어있고 몸의 각 조직에 널리 분포되여있다.

그가운데서 1/4은 뇌수와 신경조직에 있고 간, 밸, 피부 등에도 비교적 많이 들어있다.

콜레스테롤은 세포막의 주요조성성분이며 사람과 동물의 몸에서 열물, 비타민D, 성호르몬, 콩팥웃선겉질호르몬 등의 재료물질로 리용된다.

사람피에는 일정한 량의 콜레스테롤이 정상적으로 들어있으면서 중요한 역할을 한다. 그러나 콜레스테롤이 피줄벽에 많이 생기면 동맥경화가 온다.

4. 핵 산

핵산은 산성물질인데 처음에는 핵에서 발견된 산이라는 뜻에서 **핵산**이라고 불렀다. 후에 세포질에도 있다는것이 밝혀졌다.

핵산은 C, H, O, N, P로 이루어졌다.

핵산은 생물체에서 유전정보를 보존하며 실현하는 물질이다.

핵산의 종류에는 **데핵산**(DNA)과 **리보핵산**(RNA)이 있다.

※ DNA는 deoxyribonucleic acid, RNA는 ribonucleic acid의 략자이다.

핵산의 기본단위물질은 누클레오티드이다.

누클레오티드

누클레오티드는 질소염기와 5탄당, 린산으로 이루어진 화합물이다.

질소염기에는 A(아데닌), G(구아닌), C(시토신), T(티민), U(우라실)이 있고 5탄당에는 리보즈와 데옥시리보즈가 있다.

누클레오티드는 어떤 질소염기와 어떤 5탄당으로 이루어졌는가에 따라 8가지 종류의 누클레오티드로 구분한다.

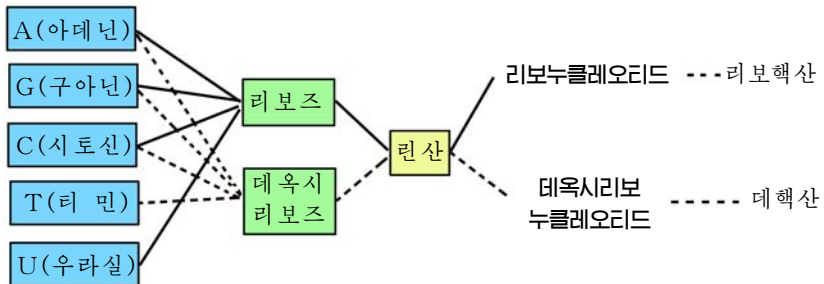



그림 1-10. 누클레오티드의 구성성분

○ 리보누클레오티드에는 어떤 4가지 종류의 누클레오티드가 속하며 데옥시리보누클레오티드에는 어떤 4가지 종류의 누클레오티드가 속하는가?

4가지 종류의 데옥시리보누클레오티드가 수많이 결합된것이 데핵산이고 4가지 종류의 리보누클레오티드가 수많이 결합된것이 리보핵산이다.

생각하기

○ DNA와 RNA의 화학조성에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?

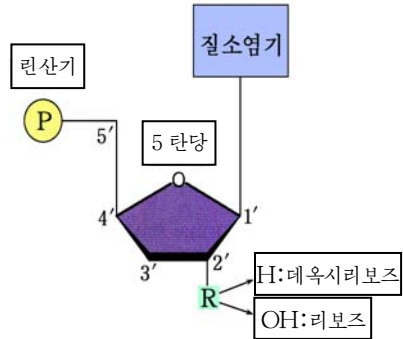



그림 1-11. 누클레오티드의 구조모형

누클레오티드는 세포에서 개별적으로 존재하거나 DNA와 RNA의 구성단위물질로 된다.

세포안에서 개별적으로 존재하는 누클레오티드들중에는 린산을 한개가 아니라 둘 또는 세개씩 결합한것들이 많다.

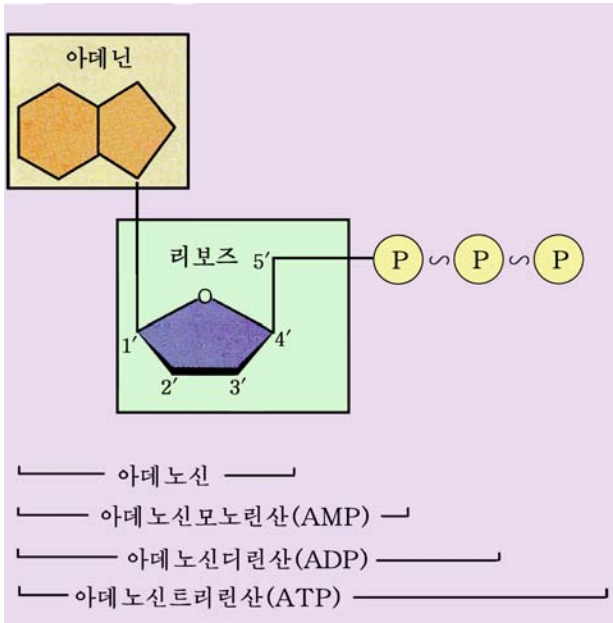



그림 1-12. ATP의 구조모형

일반적으로 5탄당과 질소염기가 결합한 화합물을 누클레오시드, 그가운데서 리보즈와 아데닌으로 이루어진 화합물을 **아데노신**이라고 부른다.

아데닌누클레오티드에는 아데노신분자에 린산잔기가 1개 결합한 아데노신5′-모노린산(AMP), 2개가 결합한 아데노신5′-디린산(ADP), 3개가 결합한 아데노신5′-트리린산(ATP)이 속한다.

ATP는 합성과 분해과정에 생물학적과정에서 생기는 에네르기를 저축하기도 하고 필요할 때 내주기도 하는 역할을 하는 생체물질이다.

데핵산

데핵산 1개분자에는 10^8개 또는 그이상의 누클레오티드가 결합되여있다.

누클레오티드가 수많이 결합된것을 **폴리누클레오티드**라고 부른다.

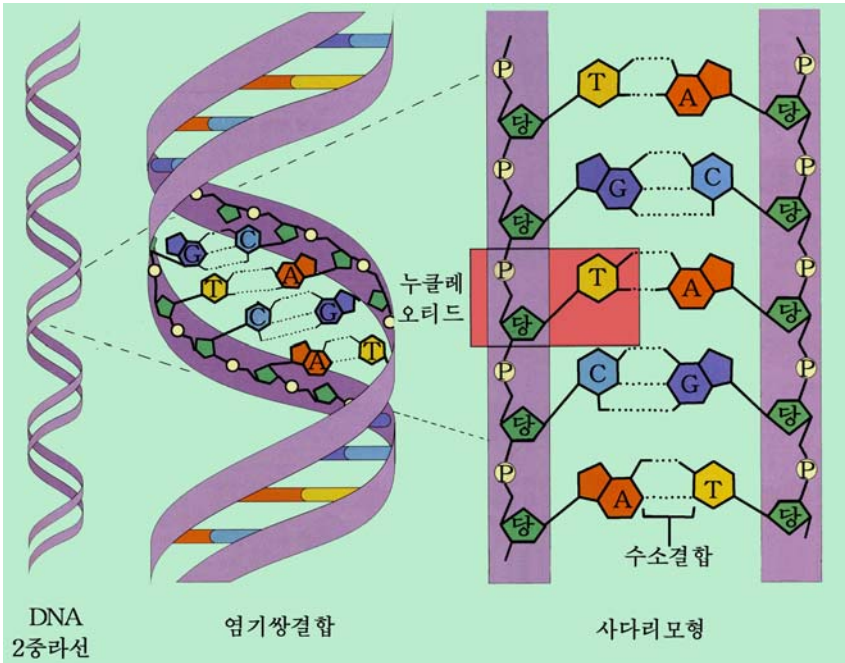



그림 1-13. 데핵산의 2 차구조

데핵산분자의 폴리누클레오티드사슬에서 누클레오티드의 배렬순서를 반영한 구조를 데핵산의 1차구조라고 부른다. 데핵산의 1차구조에 따라 단백질의 종류와 더 나아가서 생물종의 다양성이 규정된다.

데핵산의 2차구조는 두개의 폴리누클레오티드사슬이 사다리모양으로 결합한 다음 가상적인 축을 중심으로 2중라선모양으로 이루어진다.

질소염기들은 각기 맞은편사슬의 일정한 염기와만 수소결합을 이루면서 평면모양의 염기쌍을 형성한다. 아데닌(A)은 티민(T), 구아닌(G)은 시토신(C)과만 염기쌍을 이룬다.

데핵산분자는 자기와 꼭같은 2개의 분자로 복제될수 있는 능력을 가지고있다. 이런 특성이 있기때문에 유전물질로서의 역할을 한다.

최근 나노생물기술분야에서는 데핵산의 이 특성을 리용하여 DNA콤퓨터를 만들었다.

리보핵산

리보핵산은 세포에서 한오리 폴리누클레오티드사슬구조를 하고있다.

리보핵산이 2차구조를 이룰 때에는 사슬의 몇개 부위에서 수소결합이 형성되면서 머리핀모양구조물로 된다.

리보핵산은 구조와 기능에 따라 **정보리보핵산**(mRNA), **운반리보핵산**(tRNA), **리보체리보핵산**(rRNA)으로 나눈다.

mRNA는 DNA의 유전정보를 옮겨베껴 리보체에로 전달한다.

tRNA는 다른 RNA와 마찬가지로 1개의 폴리누클레오티드사슬로 되여있다.

그러나 2차구조를 형성할 때 일부분에서 질소염기들사이의 수소결합이 형성되거나 서로 밀치면서 토끼풀잎과 비슷한 모양으로 된다.

tRNA에는 mRNA의 유전암호와 상보적인 결합을 할수 있는 암호부분과 해당한 아미노산을 결합하는 부분이 있다.

tRNA는 mRNA사슬우의 유전정보에 따라 해당한 아미노산을 리보체에로 나른다.

rRNA는 단백질과 함께 리보체를 이룬다.

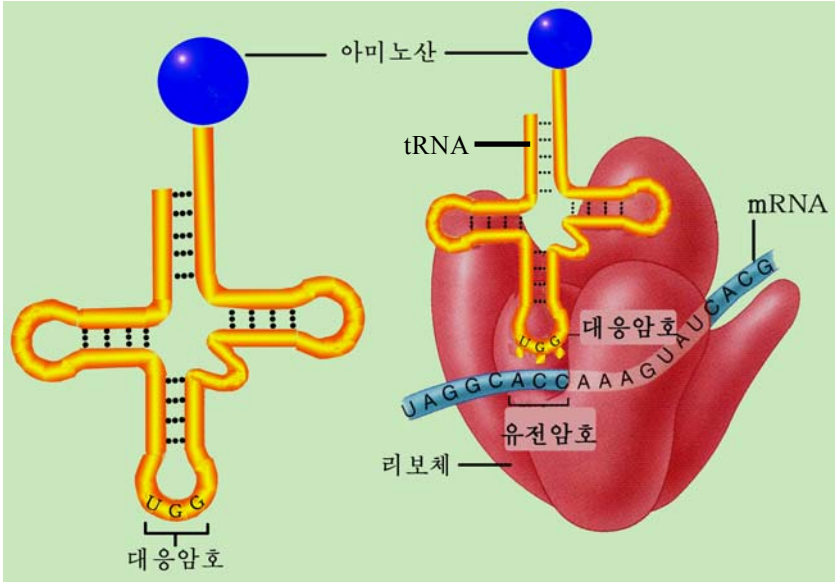



그림 1-14. tRNA의 구조

문 제

1. 단백질의 1차구조와 그 의의는 무엇인가?
2. 단백질의 2차, 3차, 4차구조사이에는 어떤 관계가 있으며 그 의의는 무엇인가?
3. 당질에는 어떤 종류들이 있으며 그의 기능은 무엇인가?
4. 기름질에는 어떤 종류들이 있으며 그의 기능은 무엇인가?
5. 데핵산과 리보핵산의 구조와 역할을 다음 표의 빈칸에 써넣어라.

핵산의 종류	들어있는 곳	역할	질소염기	당	2차구조모형
DNA					
RNA mRNA tRNA rRNA					

참 고

DNA 2중라선구조의 발견

DNA의 2중라선구조는 1953년에 워트슨과 크리크에 의하여 발견되였다.

1951년에 워트슨은 한 학술발표회에서 DNA의 X선구조분석에 대한 환등필림을 보고 큰 인상을 받고 그후 크리크를 만나 DNA의 구조를 공동으로 연구하기로 약속하였다.

DNA의 구조모형을 만드는 과정에 그들은 한 학자가 단백질의 구조를 어떻게 밝혔겠는가를 알아보았다.

결과 그 학자가 X선구조분석에 기초하여 단백질분자에서 원자들사이의 관계를 밝혔다는것을 알게 되였다.

이에 토대하여 DNA의 구조모형을 만들기 시작하였다.

그들은 다른 학자들이 이미 밝힌 일련의 자료들 특히 DNA분자는 4가지 질소염기를 포함한 누클레오티드의 긴 사슬로 이루어졌다는것 그리고 DNA분자는 라선구조를 가질수 있다는것과 사슬사이거리계산값을 참고하여 처음으로 DNA구조모형을 만들었다.

그들은 모형에서 린산-당골격을 라선의 안에 배치하였다. 다른 학자들이 워트슨과 크리크가 제기한 DNA의 구조모형을 검토하는 과정에 오유가 있다는것을 발견하였다.

워트슨과 크리크는 계속 근기있게 연구를 하여 두번째 DNA구조모형을 만들었다.

이 모형은 린산-당골격을 밖에 배치한 2중라선구조모형이였다.

그리고 쌍을 이루는 질소염기들을 A와 A, T와 T로 배치하였다.

한 화학자는 질소염기들이 이렇게 쌍을 이룰수 없다는것을 제기하였다. 그리하여 두번째 DNA구조모형도 실패하였다.

1952년에 워트슨과 크리크는 한 학자로부터 DNA분자에서 A의 총량은 T와 같고 G의 총량은 C와 같다는 자료를 알게 되였다.

그들은 여러차례의 실패에서 얻은 교훈과 새로 알게 된 자료에 기초하여 1953년에 드디여 DNA의 완성된 2중라선구조모형을 만들어냈다.

DNA의 2중라선구조의 발견은 그후 생명현상의 비밀을 분자수준에서 연구하는데서 큰 역할을 놓았다.

【실험】 농마가 포도당으로 이루어졌다는것 알아보기

준비

0.4% 농마용액, 삼각플라스크, 시험관, 스포이드, 알콜등, 삼발이, 10% HCl용액, 요드용액, 10% NaOH용액, 1% $CuSO_4$ 용액

방 법

1) 삼각플라스크에 농마용액을 20mL 넣고 거기에 10% HCl용액을 10방울 넣어 흔들어준 다음에 천천히 덥힌다.

2) 5분 간격으로 삼각플라스크에서 농마용액을 1mL씩 꺼내여 두 시험관에 넣는다. 그중 한 시험관에는 증류수를 1mL 넣어서 묽게 한 다음 요드용액을 한방울 떨군다. 다른 시험관에는 10% NaOH용액과 1% $CuSO_4$용액을 같은 체적으로 섞은 액(포도당지시약)을 1~2방울 넣고 덥힌다.

분석과 토론

○ 요드용액을 넣은 시험관에서 색이 어떻게 변하며 그 원인은 무엇인가?

○ 포도당지시약을 넣은 시험관에서 색이 어떻게 변하며 그 원인은 무엇인가?

결과처리

실험결과를 다음의 표에 정리한다.

시간 /분 시험관	5	10	15	20
요드용액을 넣은 시험관				
포도당지시약을 넣은 시험관				

주의할 점

포도당지시약을 만들 때 먼저 물 90mL에 NaOH를 10g 넣어 10% NaOH용액을 만든다. 다음 물 98.44mL에 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$

1.56g을 넣어서 1% $CuSO_4$용액을 만든다. 이렇게 만든 NaOH용액과 $CuSO_4$용액을 같은 체적으로 섞어 포도당지시약을 만든다.

제2절. 효소와 높은에네르기화합물

・효소와 높은에네르기화합물이란 무엇이며 물질대사와 에네르기대사에서 어떤 역할을 하는가?

1. 물질대사와 효소

생물체는 물질 및 에네르기를 끊임없이 받아들이며 내보낸다.

이 과정들은 수많은 화학반응들로 이루어지는데 그것을 통털어 **물질대사**라고 부른다.

물질대사는 생물의 기본특성의 하나이다.

물질대사과정을 이루는 화학반응들은 효소에 의하여 촉매된다.

효소는 생물체안에서 일어나는 화학반응을 촉진시키는 특수한 구조를 가진 단백질이다.

효소는 흔히 그것의 기질 또는 반응의 이름에 《-아제》를 붙여서 부른다. 례를 들면 단백질을 분해하는 효소를 **프로테아제**, 기름을 분해하는 효소를 **리파제**, 농마를 분해하는 효소를 **아밀라제**라고 부른다.

또는 위액의 **펩신**과 취장액의 **트립신**과 같이 이전에 붙인 이름을 그대로 쓰기도 한다.

효소의 구조

효소는 구성성분에 따라 한성분효소와 두성분효소로 나눈다.

한성분효소는 단백질로만 되여있고 두성분효소는 단백질과 저분자유기 및 무기화합물로 이루어져있다.

두성분효소에서 저분자유기 및 무기화합물을 효소의 **비단백질부분**이라고 부른다. 비단백질부분의 저분자유기화합물에는 비타민과 그 유도체들인 NAD(니코틴아미드아데닌디누클레오티드), NADP(니코틴아미드아데닌디누클레오티드린산), FAD(플라빈아

데닌디누클레오티드) 등이 속한다. 이것들을 **도움효소**라고 부른다.

저분자무기화합물의 대부분은 금속이온들이다. 그가운데는 Zn, Cu, Mo, Fe, Mn, Co와 같이 효소단백질과 견고하게 결합한것도 있다.

효소로 되는 단백질은 분자안에 활성중심(반응중심)을 가지고있다.

이 활성중심에 기질이 결합하며 여기서 반응이 진행된다.

효소의 특성

효소는 그의 작용을 받아 변하는 물질 즉 기질과 결합되여 **효소-기질복합체**를 형성함으로써 화학반응을 촉진시킨다.

E+S | [ES] | [EP] | E+P
효소+기질 | 효소—기질 복합체 | 효소—생성물 복합체 | 효소+생성물

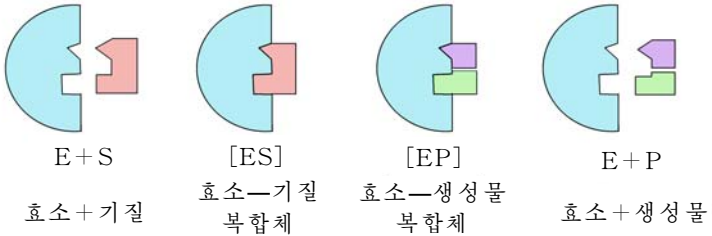
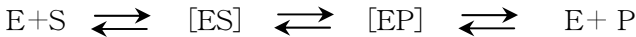



그림 1-15. 효소의 작용물림새 E:효소, S:기질, P:생성물

효소가 작용하는 화학반응은 기본적으로 4개의 단계 즉 효소와 기질의 접근단계(E+S), 효소—기질복합체형성단계([ES]), 효소—생성물복합체형성단계([EP]), 효소와 생성물의 분리단계([E+P])로 진행된다.

$$E+S \rightleftarrows [ES] \rightleftarrows [EP] \rightleftarrows E+P$$

생각하기

○ 반응전과 반응후 효소는 어떤 상태로 있는가?

효소—기질복합체는 기질의 모양에 맞게 효소모양이 변하면서 만들어진다. 효소기질복합체가 형성되면 기질은 홀로 있을 때보다 불안정한 상태에 놓이면서 적은 에네르기에 의해서도 쉽게 활성화되여 반응이 촉진된다.

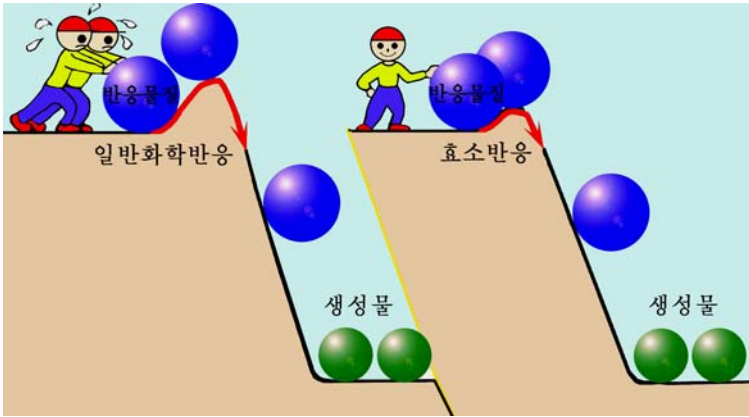



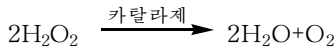
그림 1-16. 효소가 없을 때와 있을 때의 반응비교

효소는 무기촉매와 다른 특성을 가진다. 효소는 무기촉매보다 촉매능력이 비할바없이 높다. 일반적으로 효소의 촉매능력은 무기촉매의 10^7~10^8배이다.

자료분석

H_2O_2에 대한 무기촉매와 효소의 분해능력비교

카탈라제는 Fe를 포함하고있으면서 H_2O_2의 분해반응을 촉매하는 효소이다.

$$2H_2O_2 \xrightarrow{\text{카탈라제}} 2H_2O + O_2$$

H_2O_2에 대한 무기촉매〔$Fe(OH)_3$〕와 카탈라제의 분해촉매능력은 다음과 같다.

촉매	1mol의 촉매에 의하여 분해되는 H_2O_2의 물질량
$Fe(OH)_3$의 Fe	0.01㎛ol
카탈라제	100만㎛ol

※ 효소활성은 단위시간동안에 변화된 기질의 량 또는 생성된 반응산물의 량으로 표시한다.

○ 카탈라제는 $Fe(OH)_3$에 비하여 몇배의 활성을 나타내는가, 이것을 통하여 무엇을 알수 있는가?

매 종류의 효소는 모든 물질에 다 작용하는것이 아니라 일정한 물질에만 작용한다. 이 성질을 효소의 **기질특이성**이라고 부른다. 실례로 펩신은 단백질, 아밀라제는 농마, 리파제는 기름만을 분해하고 다른 물질은 분해하지 못한다. 이것은 효소의 종류에 따라 구조가 다르기때문이다.

효소는 알맞는 조건에서만 반응을 촉진시킨다.

효소활성은 온도의 영향을 받는다.

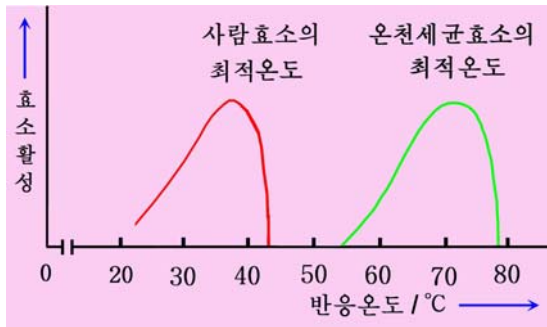



그림 1-17. 효소활성에 주는 온도의 영향

보이기실험

효소활성에 미치는 온도의 영향

준비

1% 농마용액, 1:20으로 희석한 깨끗한 침(아밀라제), 요드용액, 시험관, 온도계

방법

두개의 시험관에 다음 표에 제시된 순서에 따라 실험을 진행한다.

시험관 번호	1% 농마용액 /mL	깨끗한 침 /mL	온도 /℃	시간 /분	넣는 요드용액 /방울
1	2	0.5	40	15	3
2	2	0.5	얼음	15	3

※ 침을 넣고 일정한 시간 36℃의 온도를 보장한 다음 방안온도까지 되게 하고 요드용액을 넣는다.

시험관 1은 무색,시험관 2에서만 푸른 보라색이 나타난다. 그것은 분해되지 않은 농마와 요드가 반응하기때문이다.(농마-요드반응)

생각하기

○ 일정한 온도한계를 넘으면 효소의 활성은 왜 급격히 떨어지는가?

효소의 활성은 매질의 pH영향도 받는다. 실레로 펩신의 최적 pH는 1~1.5, 아밀라제의 최적 pH는 6.5~7.0, 트립신의 최적 pH는 8.0~9.0이다.

효소활성은 여러가지 화학물질의 영향도 받는다.

펩신 아밀라제 트립신
효소활성
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
pH

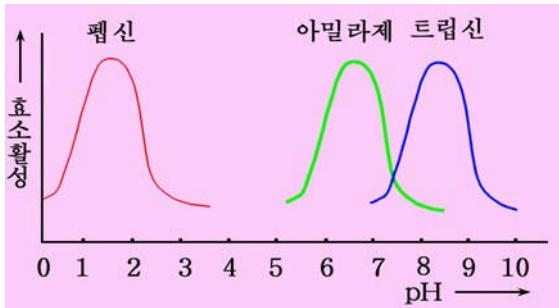



그림 1-18. 효소활성에 주는 pH의 영향

2. 에네르기대사와 높은에네르기화합물

전기기관차는 전기에네르기를 쓰면서 달리고 비행기, 자동차는 휘발유나 디젤유를 태우면서 생기는 에네르기를 쓰면서 움직인다.

생물도 생명활동을 수행하자면 에네르기를 리용하여야 한다.

생물의 에네르기원천

생물은 생활에 필요한 에네르기를 빛에네르기나 물질이 산화될 때 나오는 에네르기에서 얻는다.

생물들은 에네르기원천을 얻는 방식에 따라 제영양생물, 남영양생물, 혼양생물로 나누어진다.

제영양생물에는 풀색을 띤 모든 식물과 일부 세균이 속한다.

제영양생물을 빛합성생물과 화학합성생물로 나눈다.

빛합성생물의 에네르기원천은 빛이다.

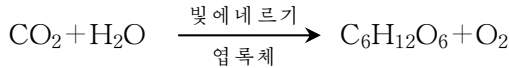
화학합성생물은 무기화합물의 산화환원반응에서 나오는 에네르기를 리용한다.

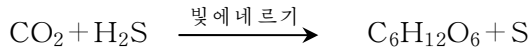
식물은 빛합성생물이다.

식물은 엽록체에 포함되여있는 엽록소를 가지고 빛합성을 함으로써 빛에네르기를 화학결합에네르기로 전환시킨다.

식물은 물이 빛분해되면서 나오는 에네르기로 ATP를 합성한다.

이 ATP는 공기속의 CO_2과 H_2O로부터 포도당을 비롯한 복잡한 유기화합물을 합성하는데 리용된다.

$$CO_2+H_2O \xrightarrow[\text{엽록체}]{\text{빛에네르기}} C_6H_{12}O_6+O_2$$

풀색류황세균과 붉은색류황세균도 빛에네르기를 리용하여 유기물질을 만든다.(세균빛합성)

$$CO_2+H_2S \xrightarrow{\text{빛에네르기}} C_6H_{12}O_6+S$$

일부 세균은 화학합성생물로서 무기화합물의 산화반응에네르기를 리용하여 유기물질을 합성한다.

화학합성생물에는 여러가지 세균이 속한다.

화학합성세균의 종류와 에네르기를 얻는 방식 표 1-1

세균의 종류	화학합성반응
류황세균	$H_2S+O_2 \rightarrow H_2O+S+E$
	$S+O_2+H_2O \rightarrow H_2SO_4+E$
아질산세균	$NH_3+O_2 \rightarrow HNO_2+H_2O+E$
질산세균	$HNO_2+O_2 \rightarrow HNO_3+E$
철세균	$FeSO_4+H_2SO_4+O_2 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3+E$
수소세균	$H_2+O_2 \rightarrow H_2O+E$
	$CO_2+H_2O \xrightarrow{E} C_6H_{12}O_6+O_2$
	E:산화에네르기

남영양생물에는 비루스, 대다수 세균류, 균류와 동물이 속한다. 세균류와 균류는 몸밖으로 효소를 내보내여 생체물질을 분해하여 리용한다. 세균이나 균의 활동에 의하여 생체물질의 썩는 현상이 나타난다.

생각하기

○ 생체물질을 썩이는 세균류나 균류가 없다면 지구우에서 어떤 현상이 일어나겠는가?

젖먹이동물은 먹이를 얻는데 필요한 감각기관, 신경계통, 운동기관을 가지고있으며 먹이를 소화흡수하기 위한 소화기관을 가지고있다.

혼양생물은 제영양도 하고 남영양도 하는 생물이다.

그 대표적인 생물은 유글레나이다. 유글레나는 빛이 비칠 때에는 빛합성을 하여 영양물질을 스스로 만들어 살아가지만 빛이 없을 때에는 이미 만들어진 영양물질을 먹고 산다.

생각하기

○ 효모, 버섯, 벼, 강냉이, 개구리, 꿀벌은 에네르기원천을 어떻게 얻는 생물인가?

생물체에서의 에네르기전환

생물체에서 진행되는 에네르기전환에는 ATP가 참가한다.

생물체의 세포에서는 에네르기를 열형태로 보관할수 없다.

그것은 생물체를 이루고 생명현상을 나타내는데서 가장 중요한 단백질이 높은 온도에 견딜수 없기때문이다.

또한 열에네르기로 일하자면 비교적 온도차가 커야 하는데 세포에는 온도가 높은 곳과 낮은 곳이 따로 없기때문이다.

그러므로 세포의 생활과정에 에네르기를 쉽게 축적하였다가 쓸수 있는 생체물질인 ATP가 참가한다.

식물의 빛합성과정에 빛에네르기는 CO_2과 H_2O로부터 포도

당과 같은 유기물질을 합성하는데 직접 쓰이지 못하고 ATP형태로 전환되였다가 리용된다.

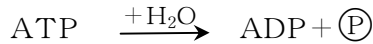
숨쉬기과정에 유기화합물의 결합에네르기도 ATP형태로 저축되였다가 세포의 여러가지 기능수행에 리용된다.

ATP는 높은에네르기화합물이다.

높은에네르기결합을 보통의 화합결합과 구별하여 《∽》로 나타낸다.

ATP는 두개의 높은에네르기결합을 가진다.

ATP는 ATP아제에 의하여 물분해된다.

$$\mathrm{ATP} \xrightarrow{+\mathrm{H_2O}} \mathrm{ADP} + \textcircled{P}$$

이때 일반화학결합이 끊어질 때 나오는 12kJ/mol보다 많은 40kJ/mol정도의 에네르기가 나온다. 그러므로 ADP+Ⓟ로부터 ATP가 합성되자면 40kJ/mol정도의 에네르기가 보장되여야 한다.

생물체에서 진행되는 에네르기전환은 크게 세가지로 나누어볼수 있다.

첫째로, 해빛에네르기는 엽록체에서 ADP+Ⓟ→ATP반응(빛린산화)을 거쳐 ATP에 저축된다. 결과 빛에네르기가 유기화합물의 결합에네르기형태로 저축된다. ATP가 분해될 때 나오는 에네르기가 CO_2과 H_2O로부터 포도당을 비롯한 유기화합물합성반응에 쓰인다.

해보기

포도당이 완전히 분해될 때 2 870kJ/mol의 에네르기가 나온다. 그런데 지구우에서 1년에 포도당으로 환산하여 2×10^{11}t의 유기물질이 합성된다. 매해 유기물질속에 축적되는 에네르기량은 얼마인가?

둘째로, 숨쉬기때 포도당과 같은 유기물질이 분해되면서 나오는 산화에네르기에 의하여 ATP가 합성된다.

숨쉬기과정은 세포질과 사립체에서 진행된다.

세포질에서는 매우 적은 량의 ATP밖에 생기지 않고 기본적인 ATP합성은 사립체에서 산소를 받아들이면서 진행된다.

숨쉬기과정에 유기물질 례컨대 포도당 1mol(180g)이 CO_2과 H_2O로 완전히 산화분해되면서 화학결합에 들어있던 2 870kJ의 에네르기가 나온다.

그 에네르기의 절반쯤이 ADP+Ⓟ→ATP반응(산화적린산화)을 거쳐 ATP에 저축된다.

에네르기의 적지 않은 몫은 열형태로 나와 체온 등을 보장하는데 소비된다.

셋째로, ATP의 에네르기가 여러가지 생물학적과정들에 리용된다.

ATP가 ATP아제에 의하여 ADP와 Ⓟ로 물분해되면서 나오는 에네르기가 세포의 모든 기능을 수행하는데 리용된다.

즉 여러가지 생체물질의 생합성과 분해, 력학적일(세포분렬때의 물들체이동, 힘살수축 등), 막을 통한 물질의 능동나르기, 신경의 흥분전도과정에서 막전위의 유지, 각이한 분비선의 물질분비과정 등에 리용된다.

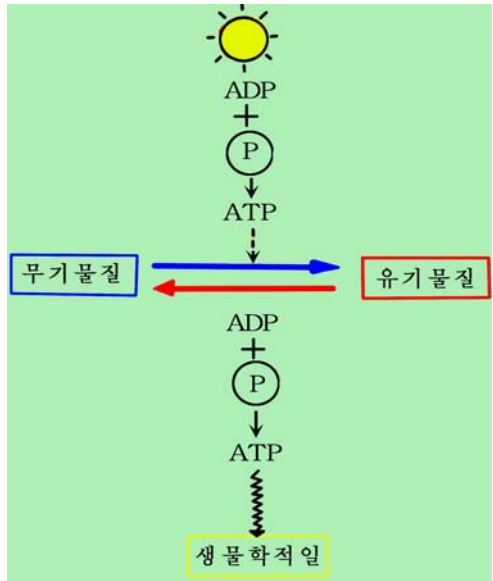



그림 1-19. 빛린산화와 산화적린산화 및 ATP의 리용

3. 생물학적산화와 산화환원전위

생물체안에서 유기물질이 산화되는것을 **생물학적산화**라고 부른다. 생물체안에서 한 물질이 산화될 때에는 그와 반응하는 다른 물질이 반드시 환원된다.

즉 산화와 환원은 화학반응의 서로 련관된 두 측면을 이룬다.

그러므로 생물학적산화를 **생물학적산화환원**이라고도 부른다.

생물학적산화의 세가지형식 표 1-2

· 기질로부터 수소가 떨어져나가는 형식
$RH+A \rightarrow R+A\text{-}H_2$
· 기질에서 전자가 떨어져나가는 형식
$Fe^{2+} \xrightarrow{-e^-} Fe^{3+}$
· 기질에 직접 산소가 결합하는 형식
$A+O_2 \rightarrow AO_2$

생물학적산화환원반응에 참가하는 매개 물질은 생물세포안에서 두가지 상태 즉 산화형과 환원형으로 있을수 있다.

여기서 환원형은 어떤 물질이 전자를 받은 상태이고 산화형은 전자를 내준 상태이다.

그러므로 매 물질에는 산화형과 환원형이 있다.

산화형과 환원형으로 존재하는 계를 그 물질의 **산화환원계**라고 부른다.

실례로 A와 B물질의 산화환원계를 다음과 같이 표시할수 있다.

$A\text{-}H_2$(환원형) $\quad\quad$ $B\text{-}H_2$(환원형)

$\downarrow\uparrow \quad\quad\quad\quad \downarrow\uparrow$

A(산화형) $\quad\quad$ B(산화형)

한 산화환원계에서 산화형이 환원형보다 전자를 끄는 힘이 세다.

어떤 물질의 산화환원계가 전자를 받아들이려는 능력을 나타낸것이 그 물질의 산화환원전위이다.

물이 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르는것과는 반대로 전자는 산화환원전위가 낮은 물질의 산화환원계로부터 산화환원전위가 높은 물질의 산화환원계에로 자발적으로 옮겨간다.

산화환원전위가 큰 계에서 작은 계로 전자가 옮겨가려면 외부에서 에네르기를 받아야 하며 산화환원전위가 작은 계에서 큰 계에

로 전자가 자발적으로 옮겨갈 때는 에네르기가 나온다.

그 크기는 두 산화환원계의 산화환원전위값의 차가 클수록 더 크다.

생각하기

생물체안에서는 전자가 효소의 참가밑에 산화환원전위가 낮은 물질로부터 점차 높아지는 물질에로 차례로 전달되기때문에 산화될 때 에네르기가 조금씩 나온다.

○ 만약 산화환원전위가 가장 낮은 물질로부터 가장 높은 물질로 전자가 갑자기 전달된다면 어떻게 되겠는가?

문 제

1. 효소가 무기촉매와 다른 점은 무엇인가?
2. 효소는 어떻게 생화학반응이 쉽게 그리고 빠르게 진행되게 하는가?
3. 세포안에서는 수많은 화학반응들이 일어난다. 반응들이 섞갈리지 않고 차례로 질서있게 진행되는것은 무엇때문인가?
4. 생물체에서의 에네르기대사의 특성은 무엇인가?
5. ATP란 어떤 물질이며 어떤 역할을 하는가?
6. 린산화란 무엇이며 린산화에는 어떤 종류가 있는가?
7. 생물학적산화와 연소의 다른 점은 무엇인가?

참 고

ATP의 발견과 합성

ATP는 1929년에 학자 로만에 의하여 발견되였으며 구조와 작용도 그에 의하여 밝혀졌다.

색이 없는 물질인데 젖먹이류의 골격근에는 0.4%정도 들어있다.

ATP는 1948년에 합성되였다.

불안정한 물질이므로 보통 바리움염의 형태로 만든다.

ATP로 주사약을 만들어 리용하고있다. ATP주사약은 보통 팔프우림액에 효모를 배양하여 RNA를 얻고 그것으로부터 만든다. 이것을 **아트리포스주사약**이라고 부른다.

참 고

효소의 연구력사

사람들은 몇세기전부터 효소의 존재에 대하여 생각하였다.

그러나 효소를 발견한것은 19세기 30년대이다.

1833년 베르소는 싹트는 씨앗에서 농마를 분해하는 물질을 얻고 그것을 **디아스타제**라고 이름지었다.

1836년에는 슈완에 의하여 위액에서 펩신이 발견되였다.

같은 해에 베르셀리우스는 효소에 의하여 생명활동이 보장되고 생명이 이어져나간다고 하면서 처음으로 생체촉매에 대한 개념을 제기하였다.

1897년에 부흐네르가 효모에서 당을 알콜로 만드는 반응을 촉매하는 효소인 지마제를 발견함으로써 효소연구에서 큰 전진을 이룩하게 되였다.

이때부터 많은 효소가 분리되였다.

1926년에는 뇨소의 물분해반응을 촉매하는 우레아제의 결정이 처음으로 얻어졌다. 뒤이어 1930년에는 펩신결정을 얻었다.

효소가 결정으로 얻어지면서 그것이 단백질이라는것이 명백하게 되였고 연구가 보다 심화되였다.

현재 3 000종이상의 효소가 발견되고 수백종이상이 결정으로 분리되였다.

1990년대에는 일부 RNA이 촉매작용을 한다는것이 알려졌다.

지금 효소의 구조와 촉매작용물림새를 분자수준에서 연구하고있으며 그에 기초하여 효소공학이 발전하고있다.

제3절. 빛합성

・빛합성이란 무엇이며 빛합성과정은 어떻게 진행되는가?

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《농작물의 정당수확고를 높이는 커다란 예비는 생물학적연구사업을 강화하며 그 성과를 농업생산에 널리 적용하는데 있습니다.》

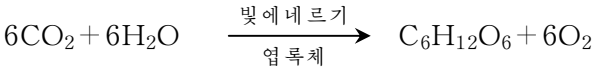
농작물의 정당수확고를 높이기 위해서는 빛합성과정을 잘

알아야 한다. 그것은 농작물이 빛합성에 의하여 유기물질을 합성하면서 자라기때문이다.

그러므로 빛합성의 물림새를 밝히고 그 조절방도를 찾는것은 농작물의 정당수확고를 높이는데서 중요한 방도의 하나로 된다.

1. 빛합성과정

빛합성이란 엽록소를 가지고있는 식물세포에서 빛에네르기를 리용하여 CO_2과 H_2O로부터 유기물질을 합성하고 산소를 내보내는 과정을 말한다.

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{엽록체}]{\text{빛에네르기}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

빛합성과정은 빛반응과 CO_2고정반응으로 진행된다.

빛반응은 엽록체의 주머니모양체막에서 진행되고 CO_2고정반응은 엽록체의 바탕질에서 진행된다.

1) 빛반응

엽록체와 빛합성색소

빛반응은 엽록체의 주머니모양체막의 복합체알갱이에서 진행된다.

빛합성색소들인 엽록소a와 b, 카로티노이드인 카로틴과 크산토필은 주머니모양체막의 복합체알갱이에 정연하게 배렬되여있다.

카로틴류
엽록소 b
엽록소 a
빛합성(유기물질합성)

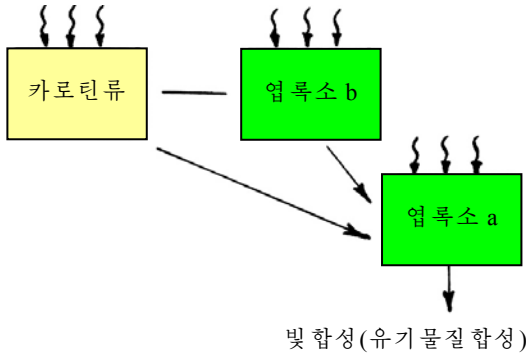



그림 1-20. 빛합성색소들사이의 에네르기전달

빛합성색소에서 기본은 엽록소a이며 다른것들은 빛에네르기를 흡수하여 그것을 엽록소a에 넘겨준다.

빛합성색소 표 1-3

색소	분자식	색갈
엽록소a	$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$	푸른 풀색
엽록소b	$C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$	누런 풀색
카로틴	$C_{40}H_{56}$	누런 빨간색
크산토필	$C_{40}H_{56}O_2$	누런색

빛합성색소는 에테르, 휘발유, 아세톤, 메틸알콜 등 기름용해성용매에 잘 풀린다.

엽록소는 산의 작용으로 Mg^{2+}가 두개의 H^+와 바뀐 밤색의 물질로 변한다. 그러므로 식초를 친 시금치나물을 오래 두면 밤색으로 되거나 여름철에 벤 풀을 쌓아놓으면 세포안에 유기산이 생기면서 누런 밤색으로 변한다.

빛반응과정

엽록소분자는 빛을 세게 흡수하는 특성이 있다.

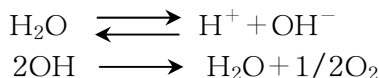
엽록소는 파장이 640~670nm인 붉은색과 430~460nm인 푸른색을 흡수하고 풀색부분은 반사하거나 투과시킨다.

엽록소a가 빛에네르기를 흡수하면 전자가 튀여나와 산화환원전위가 가장 낮은 물질로 전달된다.

이 물질로부터 전자는 산화환원전위가 높은 물질로 자발적으로 이동한다. 이때 산화환원전위차가 큰 부분에서 에네르기가 많이 나오는데 그 에네르기에 의하여 ATP가 만들어진다.(빛린산화)

한편 물의 빛분해에서 생긴 OH^-의 e^-는 산화된 엽록소a를 환원하고 OH로 된다.

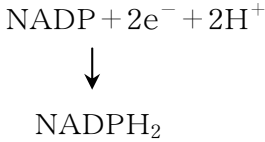
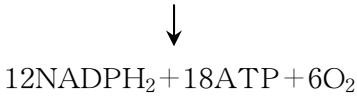
OH는 서로 작용하여 물과 산소로 된다.

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$
$$2OH \longrightarrow H_2O + 1/2O_2$$

※ 빛에네르기는 물을 직접 분해하지 못한다. 그러나 물이 분해되는데 빛이 반드시 필요하다고 하여 물의 빛분해라고 부른다.

그리고 물로부터 생긴 H^+는 려기된 엽록소a분자에서 나온 e^-와 함께 NADP를 환원시킨다.

$$NADP + 2e^- + 2H^+ \downarrow NADPH_2$$

빛반응을 종합하면 다음과 같다.

$$12H_2O + 12NADP + 18ADP + 18Ⓟ \downarrow 12NADPH_2 + 18ATP + 6O_2$$

※ 1분자의 O_2이 나올 때 2분자의 $NADPH_2$과 3분자의 ATP가 생긴다.

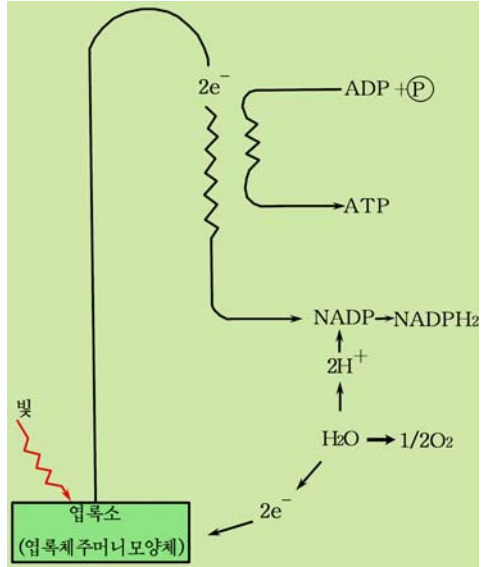



그림 1-21. 빛반응

빛반응과정에 ADP, H_3PO_4, NADP, H_2O로부터 CO_2고정반응에 필요한 $NADPH_2$, ATP가 생기고 O_2이 나온다. O_2은 공기구멍을 통해 밖으로 나온다.

자료분석

산소발생실험

다음의 그림은 1941년에 한 학자가 진행한 실험을 보여준다. 반응계에는 잎에서 분리한 엽록체들이 들어있다.

○ 이 학자가 무엇을 해명하려고 실험을 진행하였겠는가, 어떤 사실을 발견하였겠는가?

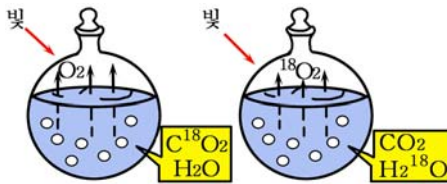



그림 1-22. 산소발생실험

2) CO_2고정반응

엽록체의 바탕질에서는 ATP와 $NADPH_2$을 리용하여 CO_2의 환원과정이 진행된다. 이 과정은 바탕질에 있는 수많은 효소들의 참가밑에 순차적으로 여러 단계를 거쳐 진행되는 복잡한 물질변화과정이다. CO_2고정반응을 이를 발견한 학자의 이름을 따서 **캘빈순환**이라고 부른다.

엽록체에서 흡수한 CO_2로부터 어떤 길을 거쳐 포도당이 만들어지는가.

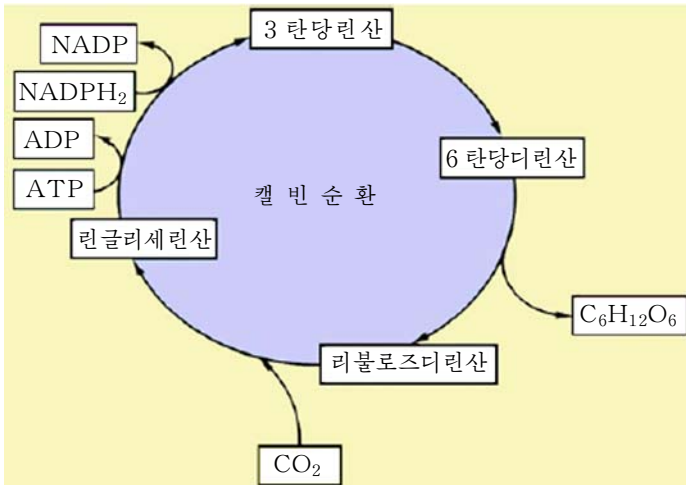
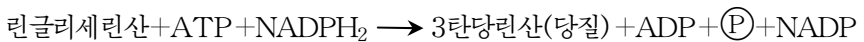



그림 1-23. CO_2고정반응

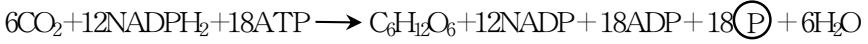
그림에서와 같이 잎의 공기구멍을 통하여 들어온 $CO_2(C_1)$은 탄소원자 5개를 가진 리불로즈디린산(C_5)과 반응하여 불안정한 중간물질인 C_6화합물로 되였다가 탄소원자 3개를 가진 린글리세린산(C_3) 두 분자로 된다.

다음 빛반응에서 생긴 ATP와 $NADPH_2$에 의하여 린글리세린산은 환원되여 빛합성의 첫 산물인 3탄당린산으로 된다.

린글리세린산+ATP+$NADPH_2$ ⟶ 3탄당린산(당질)+ADP+Ⓟ+NADP

보는바와 같이 ATP와 $NADPH_2$이 쓰이는 반응을 통하여 빛합성의 빛반응과 CO_2고정반응이 련결된다.

3탄당린산(C_3)은 효소의 촉매밑에 6탄당디린산(C_6)으로 넘어갔다가 빛합성의 최종산물인 포도당으로 된다.

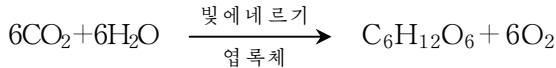
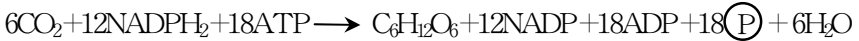
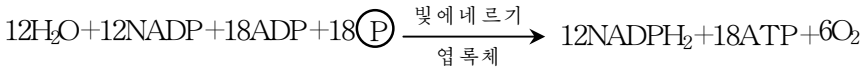
CO_2고정반응을 종합하면 다음과 같다.

$$6CO_2 + 12NADPH_2 + 18ATP \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 12NADP + 18ADP + 18\textcircled{P} + 6H_2O$$

이와 같이 빛합성의 CO_2고정반응에서는 유기물질이 합성되고 그속에 에네르기가 고정된다.

그러면 빛반응과 CO_2고정반응을 종합하여 살펴보자.

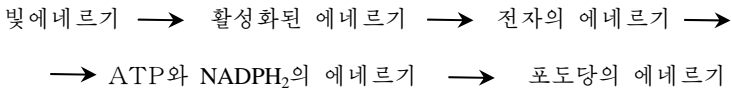
$$12H_2O + 12NADP + 18ADP + 18\textcircled{P} \xrightarrow[\text{엽록체}]{\text{빛에네르기}} 12NADPH_2 + 18ATP + 6O_2$$

$$6CO_2 + 12NADPH_2 + 18ATP \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 12NADP + 18ADP + 18\textcircled{P} + 6H_2O$$

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{엽록체}]{\text{빛에네르기}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

우의 종합식에서 보는것처럼 엽록체에서는 빛에네르기에 의하여 이산화탄소와 물로부터 포도당과 같은 유기물질이 합성되고 산소가 나온다.

빛합성과정에는 물질의 변화와 함께 에네르기전환이 일어난다.

빛에네르기 ⟶ 활성화된 에네르기 ⟶ 전자의 에네르기 ⟶

⟶ ATP와 $NADPH_2$의 에네르기 ⟶ 포도당의 에네르기

※ 환원형도움효소인 $NADPH_2$은 수소공급체인 동시에 에네르기공급체이다.

결국 빛합성과정은 본질에 있어서 빛에네르기를 화학에네르기로 전환시켜 포도당과 같은 유기물질속에 저축하는 과정이다.

빛합성에 의하여 만들어진 포도당은 농마합성반응을 거쳐 농마로 축적되였다가 사탕으로 되여 식물체의 다른 부분에 옮겨간다. 거기서 다시 농마로 되여 저장되기도 한다. 포도당으로부터는 또한 기름, 단백질과 같은 다른 유기물질들도 만들어진다.

2. 빛합성에 미치는 환경조건의 영향

빛합성과정은 여러가지 환경조건의 영향을 받는다.

특히 빛, 온도, CO_2의 영향을 크게 받는다.

빛합성에서 빛과 온도는 밀접한 련계를 가진다. 빛이 주는 영향은 온도조건에 따라 달라진다. 온도가 주는 영향은 빛조건에 따라 달라진다.

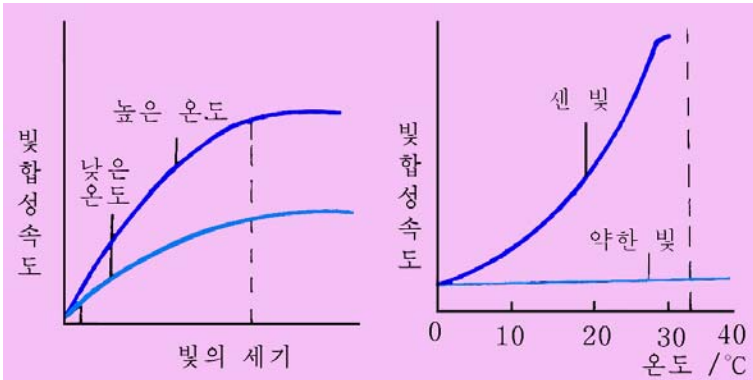



그림 1-24. 빛합성속도와 빛의 세기, 온도와의 관계

온도가 낮을 때 빛의 세기를 높이면 빛합성속도가 빨라지다가 더는 빨라지지 않는다. 그러나 높은 온도조건에서 빛의 세기를 높이면 빛합성속도가 낮은 온도조건에서보다 훨씬 빨라진다. 반대로 빛의 세기가 약할 때에는 온도를 높여도 빛합성속도가 빨라지지 않는다.

한편 빛의 세기가 셀 때 온도를 높여줌에 따라 빛합성속도가 급격히 빨라진다. 물론 빛세기나 온도는 일정한 한계가 있다. 그 한계를 벗어나면 빛합성속도는 더는 빨라지지 않으며 나중에는 급격히 떨어지다가 멎게 된다.

CO_2의 농도도 빛합성속도에 영향을 미친다.

CO_2의 농도가 높아짐에 따라 빛합성속도는 빨라지다가 0.1%이상 되면서부터는 더는 빨라지지 않는다.

공기중에는 CO_2이 0.03%이므로 식물은 언제나 CO_2이 부족되는 상태에 있게 된다. 그러므로 유기질비료를 많이 내야 한다.

생각하기

○ 유기질비료를 많이 내는것이 왜 CO_2의 농도를 높이는 조건으로 되겠는가?

알맞는 CO_2의 농도라도 일정한 온도와 빛세기가 보장되는 조건에서 빛합성속도를 높일수 있다.

알곡, 과일, 남새를 비롯한 여러가지 농산물들은 다 빛합성산물들이다. 그러므로 보다 많은 수확을 거두자면 빛합성과정을 옳게 지배하여야 한다.

빛합성이 진행되는 잎면적을 늘이고 빛합성이 진행되는 기간을 길게 해주어야 한다.

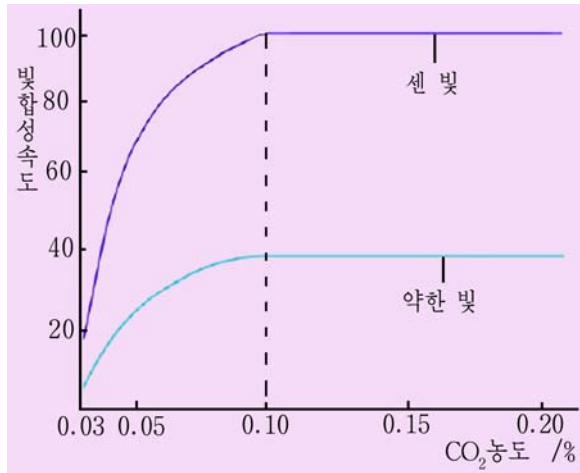



그림 1-25. 빛합성속도와 CO_2의 농도와의 관계

특히 빛합성에 영향을 주는 H_2O, CO_2, 광물질 같은 여러가지 조건을 잘 보장해주어야 한다.

오늘 우리 나라에서는 위대한 령도자 **김정일**대원수님께서 제시하신 농업혁명방침을 받들고 빛합성에 효과적인 조건들을 잘 지어주어 농업생산을 늘이기 위한 투쟁을 힘있게 벌리고있다.

문 제

1. 빛반응에서 빛에네르기는 어떻게 ATP속에 저축되는가?
2. CO_2고정반응에서 CO_2은 물속의 H_2과 어떻게 결합하여 포도당으로 되는가?
3. 빛합성의 빛반응과 CO_2고정반응의 다른 점을 다음 표에 정

리하고 그 호상관계를 설명하여라.

반응	반응이 진행되는 곳	반응에 쓰이는 물질	반응에서 생기는 물질	반응에 영향을 주는 요인
빛반응 CO_2고정반응				

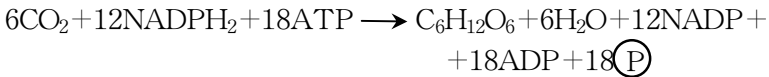
4. 잎면적을 늘이고 빛합성기간을 길게 해주며 CO_2을 충분히 보장해주자면 어떻게 해야 하는가?

5. 빛합성의 빛반응과 CO_2고정반응에 참가하는 출발물질들과 반응생성물의 물질량관계를 구체적으로 나타내면 다음과 같다.

빛반응

$$12H_2O + 12NADP + 18ADP + 18\textcircled{P} \longrightarrow 12NADPH_2 + 18ATP + 6O_2$$

CO_2고정반응

$$6CO_2 + 12NADPH_2 + 18ATP \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 12NADP + 18ADP + 18\textcircled{P}$$

빛반응과정의 매개 고리들은 서로 밀접히 련관되여있다. 그러므로 한 고리가 장애되면 다른 고리도 장애를 받게 된다. 그림에서 ①-④까지의 빈칸에 물질이름과 몰비를 써넣어라. 그림에서 Ⓐ-Ⓓ에 해당한 물질이름을 써넣어라.

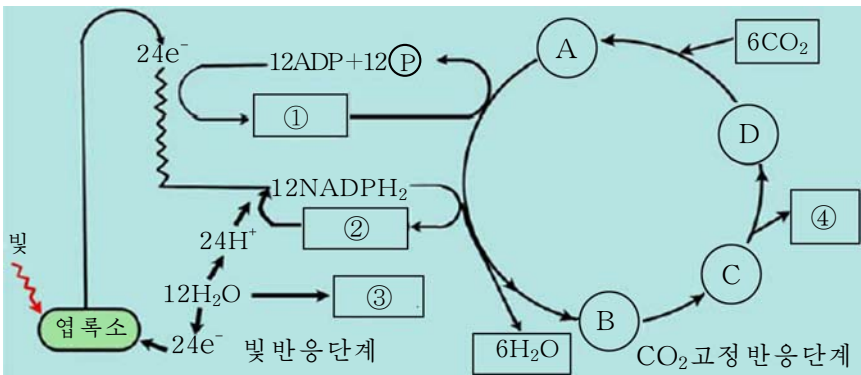



그림 1-26. 빛합성과정

참 고

캘빈순환

CO_2고정반응의 경로들가운데서 중요한것은 캘빈순환이다. 캘빈순환은 1948년부터 1955년까지의 기간에 캘빈에 의하여 밝혀졌다. 캘빈은 떼마름에 C의 방사성동위원소 ^{14}C로 된 $^{14}CO_2$을 공급하면서 짧은 시간간격으로 시료를 취하여 ^{14}C를 가진 성분들을 갈라냈다. 다음 방사선자가촬영으로 $^{14}CO_2$의 변화과정을 따라가면서 알아보았다. 그리하여 CO_2고정반응에서 진행되는 환원적5탄당린산순환의 개별적반응들을 밝혀냈다.

【실험】 빛합성속도에 미치는 빛, 온도의 영 향

준비

물살이식물(붕어마름이나 물수세미), 시험관, 구멍이 뚫린 고무마개, 큰 비커, 솜, 탁상등, 온도계, 초시계, 고정대, 더운물, 얼음

방법

1) 물살이식물을 10~15cm 길이로 잘라서 줄기아래부분을 조심히 솜으로 감아서 고무마개의 구멍에 끼운다. 이것을 물을 채운 시험관에 맞춘 다음 그림 1-27에서와 같이 물을 넣은 큰 비커에 설치한다.

2) 큰 비커의 물온도를 10℃로 조절하고 광원과의 거리를 20cm, 30cm, 40cm로 조절하면서 1분동안에 줄기자름면에서 나오는 기체방울수를 센다.

3) 물의 온도를 20℃, 30℃, 40℃로 조절하면서 같은 방법으로 실험을 한다.

4) 실험을 같은 조건에서 3번씩 진행하고 얻어진 값을 산수평균한다.

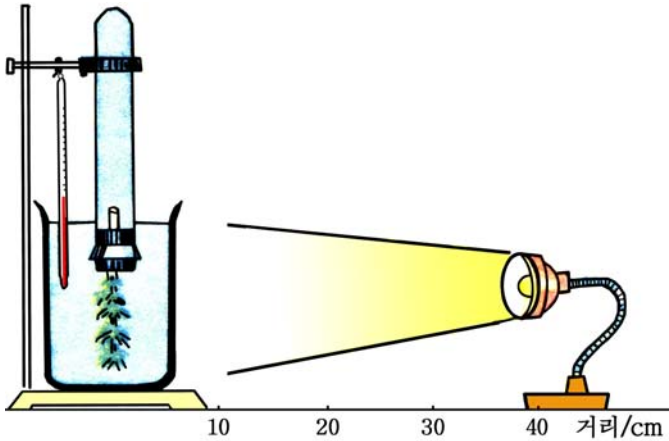



그림 1-27. 빛합성속도측정장치

결과처리

산수평균값을 다음 표에 정리한다.

물온도 /℃ 광원거리 /cm	10	20	30	40
20				
30				
40				

표의 자료에 기초하여 그라프를 그려본다.

그라프의 X축에는 광원거리를 20cm, 30cm, 40cm로 표시하고 Y축에는 1분동안에 나오는 기체방울수를 표시하거나 X축에 온도를 10℃, 20℃, 30℃, 40℃로 표시하고 Y축에 1분동안에 나오는 기체방울수를 표시하고 그린다.

분석과 토론

○ 빛합성속도에 영향을 미치는 빛세기와 온도사이의 관계가 그라프처럼 나타나는 원인은 무엇인가?

주의할 점

① 물살이식물재료에는 잎이 떨어지거나 줄기가 꺾어져 생긴 상처가 없어야 한다.

② 기체방울수를 셀수 있도록 평균 1분동안에 30~40방울 나오게 줄기자름면을 조절하여야 한다.

제4절. 세포의 숨쉬기

· 숨쉬기란 무엇이며 숨쉬기때 물질의 변화과정은 어떻게 진행되는가?

생물이 살아가며 여러가지 기능을 수행하는데는 반드시 에네르기가 필요하다. 그 에네르기는 유기물질의 분해과정에 얻는다.

생물이 유기물질을 분해하여 살아가는데 필요한 에네르기를 얻는 생리적과정을 **숨쉬기**라고 부른다.

숨쉬기는 바깥숨쉬기와 속숨쉬기로 나눈다.

바깥숨쉬기는 생물체와 주위환경사이에 진행되는 O_2과 CO_2의 교환이다.

바깥숨쉬기는 속숨쉬기인 세포숨쉬기에 필요한 O_2을 보장해주고 거기에서 생긴 CO_2을 내보내는 과정이다.

바깥숨쉬기는 식물체에서 공기구멍과 몸겉면을 통하여 진행된다.

동물에서는 종류에 따라 몸겉면, 아가미, 페 등을 통하여 숨을 쉰다.

본질적인 숨쉬기는 속숨쉬기 즉 세포의 숨쉬기이다.

따라서 숨쉬기란 세포안에서 에네르기원천인 유기물질을 CO_2과 H_2O로 분해하면서 생활에 필요한 에네르기를 얻는 생리적과정이다.

숨쉬기는 그 과정에 산소를 받아들이는가 받아들이지 않는가에 따라 크게 산소숨쉬기와 무산소숨쉬기로 나눈다.

사람과 대부분의 동식물들은 산소숨쉬기를 하고 젖산균을 비롯한 일부 미생물들은 무산소숨쉬기를 한다.

1. 산소숨쉬기

사립체는 겉막과 속막의 두겹막으로 둘러싸여있다.

속막은 주름잡혀 빗살처럼 안쪽으로 들어가있는데 이것을 **가판**이라고 부른다. 가판은 속막의 겉면적을 넓혀주며 여기에 많은 알갱이들이 붙어있다.

알갱이에는 여러가지 효소들과 그밖의 물질들이 들어있다.

사립체속에는 사립체바탕질이 차있는데 역시 여기에 여러가지 효소들이 있다.

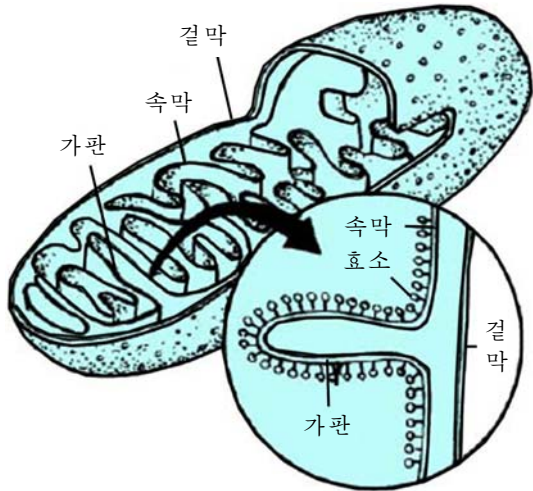



그림 1-28. 사립체의 구조

생각하기

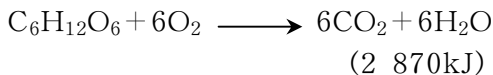
그림 1-28에서 사립체의 구조를 살펴보아라.
○ 숨쉬기에 알맞게 된 점이 무엇인가?

1) 산소숨쉬기과정

산소숨쉬기는 세포안에서 많은 효소들이 참가하여 일어나는 산화환원반응이다.

생물은 숨쉬기재료로 포도당, 기름산, 글리세린, 아미노산 같은것들을 쓴다. 제일 흔히 쓰이는것은 포도당이다.

포도당을 숨쉬기재료로 쓸 때 숨쉬기과정은 다음과 같다.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$
$$(2\ 870\text{kJ})$$

이 반응식은 산소숨쉬기에 쓰이는 물질들과 생겨난 물질들에 대한 반응만 보여줄따름이다.

실제에 있어서 산소숨쉬기과정은 포도당을 태울 때처럼 그것이 단번에 CO_2과 H_2O로 분해되는것이 아니라 여러 단계를 거쳐 점차적으로 산화되면서 에네르기를 조금씩 내보내는 복잡한 과정이다.

산소숨쉬기과정은 당분해단계, 레몬산순환단계, 전자전달계로 나누어볼수 있다.

당분해단계

당분해단계는 산소의 참가없이 포도당이 피루빈산으로 분해되는 과정이다. 당분해는 세포질바탕질에서 진행된다. 이때 여러가지 효소들이 참가하며 복잡한 과정을 거친다.

당분해단계에서는 다음과 같은 반응이 진행된다.

$$\text{포도당}(C_6) \xrightarrow{2ATP \;\to\; 2ADP+2Ⓟ} 2〔\text{3린글리세르알데히드}(C_3)〕 \cdots ①$$

$$2〔\text{3린글리세르알데히드}(C_3)〕 \xrightarrow[4ADP+4Ⓟ \;\to\; 4ATP]{2NAD \;\to\; 2NADH_2} \text{2피루빈산}(C_3) \cdots\cdots ②$$

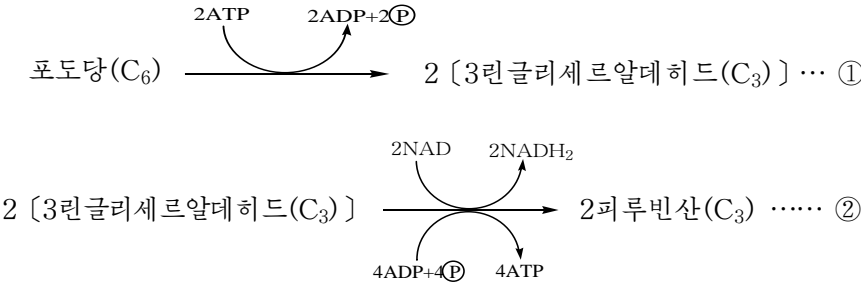
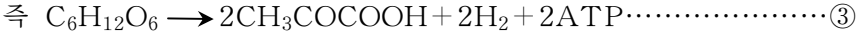
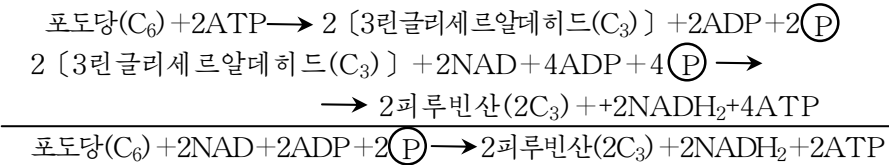
두 반응식을 종합하면 다음과 같다.

$$\text{포도당}(C_6)+2ATP \longrightarrow 2〔\text{3린글리세르알데히드}(C_3)〕+2ADP+2Ⓟ$$

$$2〔\text{3린글리세르알데히드}(C_3)〕+2NAD+4ADP+4Ⓟ \longrightarrow$$

$$\longrightarrow \text{2피루빈산}(2C_3)++2NADH_2+4ATP$$

$$\text{포도당}(C_6)+2NAD+2ADP+2Ⓟ \longrightarrow \text{2피루빈산}(2C_3)+2NADH_2+2ATP$$

즉 $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CH_3COCOOH+2H_2+2ATP$…………………③

반응식에서 보는바와 같이 당분해단계에서는 1mol의 포도당으로부터 2mol의 피루빈산이 만들어지는 동시에 2mol의 ATP와 2mol의 $NADH_2$이 얻어진다.

반응은 한 방향으로만 이루어지며 매질에 산소가 있어도 쓰이지 않는다.

당분해단계에서는 산소의 참가없이 당이 분해된다.

당분해단계

세포질

C_6 포도당($C_6H_{12}O_6$)

$2ATP + 2H_2O$

$2ADP + 2$Ⓟ

←포도당

$2C_3$ 린글리세르알데히드

$2H_2O$

2NAD

2ADP

2ATP

$2NADH_2$

2ADP

2ATP

→2ATP

$→2H_2$

$2C_3$ 피루빈산

레몬산순환단계

사립체

2NAD

$2CO_2$

$2NADH_2$

$2C_2$ 활성초산

$←6H_2O$

$→6CO_2$

→2ATP

$→10H_2$

싱아초산 $2C_4$

$2H_2O$

$2C_6$ 레몬산

$2NADH_2$

2NAD

2NAD

$2NADH_2$

$2CO_2$

레몬산순환

사과산 $2C_4$

$2C_5$ α-케토글루타르산

$2H_2O$

$2H_2O$

2NAD

$2NADH_2$

푸마르산 $2C_4$

$2CO_2$

$2FADH_2$

2FAD

$2C_4$ 호박산

$2ADP + 2$Ⓟ

2ATP

전자전달계

전자전달계

사립체

$12H_2$

$6CO_2$

34ATP

$12H_2O$

$←6CO_2$

→34ATP

$→12H_2O$

$C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 12H_2O$ ； 2 870kJ(38ATP)

그림 1-29. 산소숨쉬기과정

생각하기

○ 그림 1-29에서 당분해단계를 살펴보고 높은에네르기화합물과 조효소의 작용을 기본으로 하여 반응에 들어간 물질과 반응에서 생겨난 물질의 몰비를 따져보아라.

레몬산순환(크렙스순환)단계

당분해단계에서 만들어진 피루빈산은 세포질바탕질로부터 사립체에 들어가 레몬산순환단계를 거친다.

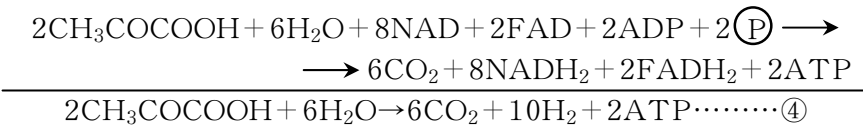
레몬산순환단계에서는 여러가지 유기산들이 중간산물로 얻어지면서 복잡한 반응들이 진행된다. 그러나 여기서는 기본공정만을 보기로 한다.

생각하기

○ 그림 1-29에서 레몬산순환단계를 살펴보고 높은에네르기화합물과 조효소들의 작용을 기본으로 하여 물질나들기를 따져보아라.

물질나들기에 기초하여 레몬산순환단계의 반응식을 작성하면 다음과 같다.

$$2CH_3COCOOH + 6H_2O + 8NAD + 2FAD + 2ADP + 2Ⓟ \longrightarrow$$
$$\longrightarrow 6CO_2 + 8NADH_2 + 2FADH_2 + 2ATP$$

$$2CH_3COCOOH + 6H_2O \rightarrow 6CO_2 + 10H_2 + 2ATP \cdots\cdots ④$$

레몬산순환에서는 2mol의 피루빈산이 물(H_2O)의 산소를 쓰면서 분해된다. 이때 10쌍의 수소($10H_2$)가 도움효소들(NAD, FAD)에 결합되고 2mol의 ATP가 만들어진다.

피루빈산의 탄소는 이산화탄소(CO_2)로 되여 나간다.

반응은 순환적으로 진행된다.

레몬산순환단계에서는 산소의 참가하에 유기산이 분해된다.

전자전달계

전자전달계의 반응도 역시 사립체에서 진행된다.

사립체속막에는 여러가지 효소가 일정한 순서로 배렬되여 전자전달계를 이룬다.

당분해단계와 레몬산순환단계에서 도움효소들에 결합되였던 12쌍의 수소($12H_2$)는 떨어져나와 전자전달계에 들어간다.

전자전달계에서는 수소가 산화환원전위가 점차 커지는 전자전달물질들(전자전달체)을 거쳐 산화환원전위가 제일 큰 산소에까지 전달될 때 나오는 에네르기에 의하여 ATP가 합성된다.

산화환원전위 /V

-0.32 +0.82

(ATP) (ATP) (ATP)

$FADH_2$ $\downarrow 2e^-$

$NADH_2 \xrightarrow{2e^-}$ CoQ $\xrightarrow{2e^-}$ 시토크롬b $\xrightarrow{2e^-}$ 시토크롬c $\xrightarrow{2e^-}$ 시토크롬a $\xrightarrow{2e^-}$ 시토크롬a_3 $\xrightarrow{2e^-}$ $1/2O_2$

※ CoQ : 조효소Q, 우비키논

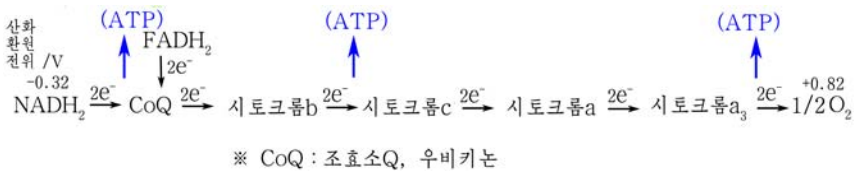



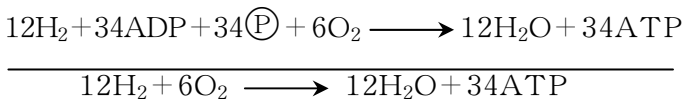
그림 1-30. 전자전달과 ATP생성

생각하기

○ 그림 1-30에서 전자전달계의 반응을 살펴보고 반응에 들어간 물질들과 반응에서 생겨난 물질들을 갈라보아라.

전자전달계의 반응식은 다음과 같다.

$$12H_2+34ADP+34Ⓟ+6O_2 \longrightarrow 12H_2O+34ATP$$

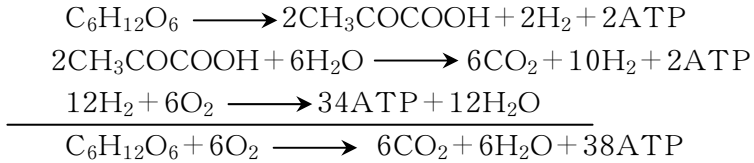
$$\overline{12H_2+6O_2 \longrightarrow 12H_2O+34ATP}$$

전자전달계에서는 수소(H^+, e^-)가 산소에까지 전달되면서

34mol의 ATP가 합성된다. 반응은 산소의 참가하에 한 방향으로만 진행되며 마감산물은 H_2O이다.

전자전달계에서는 에네르기전환과정에 많은 량(34mol)의 ATP가 합성된다.

전자전달계는 생물체에서 진행되는 ATP합성의 기본길이다.

이제 우에서 본 세 단계의 반응을 모두 종합하여보자.

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CH_3COCOOH + 2H_2 + 2ATP$$
$$2CH_3COCOOH + 6H_2O \longrightarrow 6CO_2 + 10H_2 + 2ATP$$
$$12H_2 + 6O_2 \longrightarrow 34ATP + 12H_2O$$
$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 38ATP$$

산소숨쉬기는 본질에 있어서 에네르기전환과정이다.

포도당 1mol이 세포안에서 산화될 때 38mol의 ATP가 만들어진다.

ATP에 저축된 에네르기는 생물의 생활에 쓰인다.

그리고 중간에 생겨난 유기산들은 다른 물질들의 합성에 쓰인다.

이와 같이 빛합성에 의하여 유기물질속에 고정되였던 에네르기는 오직 숨쉬기를 통해서만 생물이 쓰기 편리한 형태로 전환되여 필요한 때에 리용하게 된다.

숨쉬기는 모든 생물의 고유한 생활방식이다.

2. 무산소숨쉬기

산소가 없으면 식물과 효모를 비롯한 일부 미생물은 무산소숨쉬기를 통해서 적은 에네르기나마 얻어서 살아간다.

동물의 힘살에서도 산소가 부족한 경우에 산소숨쉬기와 함께 무산소숨쉬기를 한다.

미생물의 무산소숨쉬기에서 기본은 발효이다.

무산소숨쉬기는 당분해과정에서 생긴 피루빈산이 산소가 없는 조건에서 에틸알콜이나 젖산으로 되는 과정이다.

에틸알콜이 생기는 무산소숨쉬기는 산소가 부족한 조건에서 식물의 뿌리나 씨앗에서 진행될수 있다.

그림 1-31. 산소숨쉬기와 무산소숨쉬기

이때 피루빈산이 에틸알콜로 전환된다.

$$C_6H_{12}O_6 + 2ADP + 2Ⓟ \longrightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2 + 2ATP$$

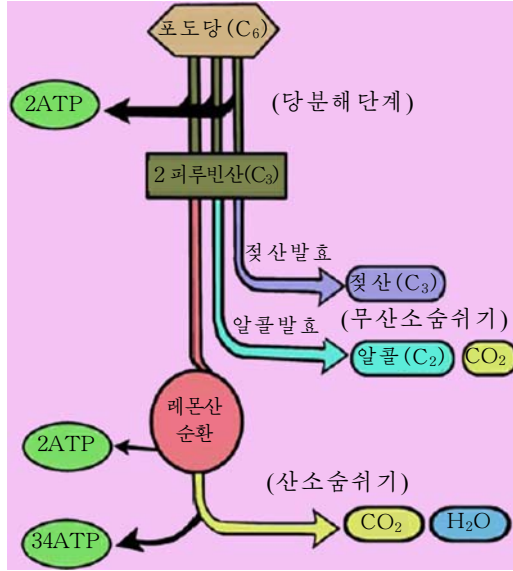
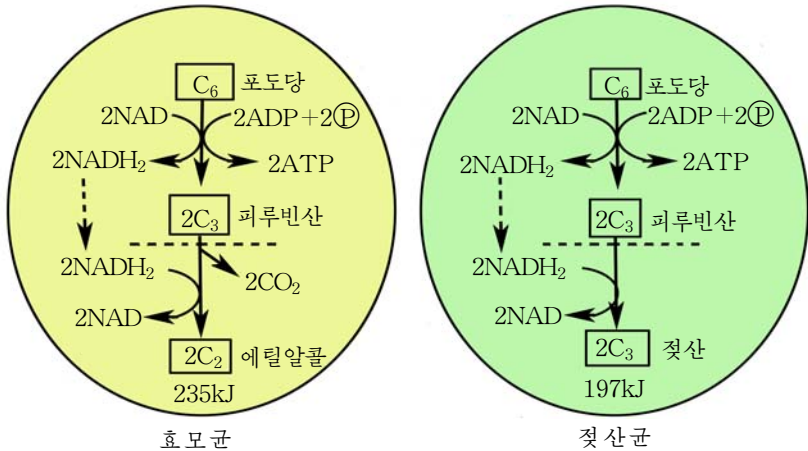
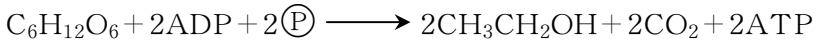



그림 1-32. 무산소숨쉬기과정

젖산이 생기는 무산소숨쉬기는 힘살안에서도 진행된다.

힘살이 급격히 수축할 때와 산소공급이 부족할 때에는 힘살안의 포도당이나 글리코겐이 무산소숨쉬기를 거쳐 분해되여 젖산으로 된다.

사람이 오래 걸었을 때 다리가 팽팽하고 아픈데 이것은 힘살에 젖산이 축적된 결과이다.

생각하기

○ 젖산발효가 일어나는것을 어디에서 볼수 있는가?

3. 숨쉬기에 주는 바깥조건의 영향

숨쉬기에는 온도가 큰 영향을 준다.

40℃까지는 온도가 높아짐에 따라 숨쉬기속도가 빨라지다가 온도가 40℃이상으로 높아지면 반대로 급격히 떠진다.

숨쉬기에 온도가 큰 영향을 주는것은 숨쉬기가 효소의 참가밑에 진행되는 화학반응이기때문이다.

생각하기

○ 0~10℃의 낮은 온도에서 식물의 숨쉬기속도는 낮다. 이 현상을 어디에 적용할수 있는가?

숨쉬기에 가장 알맞는 온도는 20~30℃이다.

숨쉬기에는 산소분압도 큰 영향을 준다.

공기속의 산소분압이 6 666Pa(50mmHg정도)아래로 되면 사람이나 동물에서는 피속에 풀린 산소농도가 낮아지면서 여러가지 산소부족증상이 나타나게 된다.

식물에서도 산소분압이 낮아지면 숨쉬기가 제대로 진행되지 못한다.

공기속의 이산화탄소의 분압이 높아지면 숨쉬기속도는 떠진다.

과일저장고의 CO_2의 농도는 보통 1~6%이다.

숨쉬기에는 물도 큰 영향을 미친다.

생각하기

○ 식물의 씨앗을 물기가 있는 곳에 놔두면 어떻게 되겠는가?

식물의 종자는 물을 흡수하여 싹트기 시작하면 숨쉬기속도가 싹트기 전보다 수천배나 빨라진다.

생물이 숨쉴 때에는 영양물질이 쓰인다. 그러므로 낟알이나 남새, 과일 같은것을 저장할 때에는 숨쉬기에 영향을 주는 여러가지 조건들을 고려하여야 한다.

문 제

1. 포도당 300g이 산소숨쉬기의 기질로 쓰이면 CO_2이 몇g 생기는가?
2. 산소숨쉬기와 불타기의 같은 점과 다른 점은 무엇인가?
3. 포도당 1mol이 세포안에서 산화될 때 어떻게 되여 38mol의 ATP가 만들어지는지 따져보아라.

참 고

숨쉬기의 진화

에네르기면에서 볼 때 무산소숨쉬기는 산소숨쉬기에 비하여 원시적인 형의 숨쉬기이다.

생물계는 유기물질을 많이 쓰면서도 에네르기를 적게 내는 무산소숨쉬기형생물로부터 유기물질을 적게 쓰면서도 ATP를 많이 만드는 산소숨쉬기형생물로 진화하였다.

【실험】 효모의 무산소숨쉬기(알콜발효)

준비

효모균, 10% 사탕물, 접종술, 발효관, 피페트, 전기곤로, 솜, 석회물

방법

1) 두개의 발효관에 들어가고 남을 정도의 10% 사탕물에 효모균을 접종술로 접종하여 흔들어 섞는다.(효모배양액)

2) 두개의 발효관에 각각 꼭같은 량의 효모배양액을 피페트로 취하여 그림처럼 넣고 솜마개로 막는다.

두 발효관가운데서 하나는 방안온도, 다른것은 방안온도보다 10℃정도 높은 조건에 놓아둔다. ①

5분 간격으로 발효관에 기체가 얼마나 생겼는가를 발효관눈금으로 측정한다.

3) 두 발효관에 석회물을 조금씩 피페트로 취하여 넣고 섞는다. 이때 흰색의 앙금이 생긴다. ②

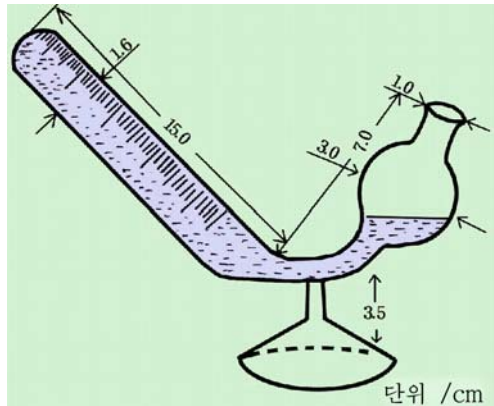



그림 1-33. 발효관

※ 눈금이 없으면 mm방안지띠를 붙인다.

분석과 토론

○ 효모에 의한 발효는 어디에 적용되는가?

결과처리

○ 두 발효관에서 생긴 기체량이 차이나는 원인을 밝힌다.

○ 흰색의 앙금이 무엇인가를 밝히고 석회물을 넣어 섞을 때 일어나는 화학반응방정식을 써넣는다.

○ 발효관의 마개를 열어 냄새를 맡아보고 무엇이 생겼는가를 알아본다.

주의할 점

① 높은 온도가 35℃이상 되지 않게 하여야 한다.

② 석회물은 려과종이로 거른 맑은 액체이여야 한다.

제5절. 생물체에서의 영양물질의 전환

· 생물체에서 무기 및 유기영양물질들의 전환이 어떻게 일어나는가?

생물의 영양물질에는 무기영양물질과 유기영양물질이 있다.

제영양생물은 무기물질을 받아들여 자기의 유기물질로 만들고 그 유기물질의 일부를 분해하면서 나오는 에네르기로 살아간다.

남영양생물은 주로 유기물질을 받아들여 소화분해하여 자기의 생체물질로 만들고 생활에 필요한 에네르기를 얻는다.

이러한 생물체에서의 물질변화과정이 영양물질의 전환이다.

1. 식물체에서의 무기영양물질의 전환

식물은 빛합성을 통하여 무기영양물질인 CO_2과 H_2O로부터 유기물질의 기본골격으로 되는 C, H, O화합물을 만든다.

식물의 영양물질전환에서 중요한것은 토양속에서 흡수한 무기영양물질의 전환이다.

식물은 뿌리를 통하여 토양속에서 흡수한 무기영양물질을 유기화합물로 전환시킨다.

질소동화

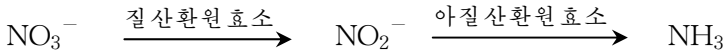
식물이 토양에서 빨아들인 무기질소화합물인 NO_3^-, NH_4^+를 아미노산, 단백질 등의 유기질소화합물로 전환시키는것을 **질소동화**라고 부른다.

생각하기

○ 질소비료에는 어떤것들이 있는가?

질산이온(NO_3^-)은 먼저 암모니아(NH_3)로 환원되여야 유기질소화합물합성에 들어갈수 있다. 그것은 생체유기질소화합물가운데 $-NO_2$형태(니트로화합물)가 없기때문이다.

질산으로부터 암모니아에로의 환원은 식물에서만 일어난다.

$$NO_3^- \xrightarrow{\text{질산환원효소}} NO_2^- \xrightarrow{\text{아질산환원효소}} NH_3$$

이 반응에 쓰이는 환원제는 빛합성의 빛반응에서 생기는 $NADPH_2$과 숨쉬기과정에 형성되는 $NADH_2$이다. 그러므로 식물은 해빛이 잘 비쳐 빛합성이 잘되여야 빛합성과정에 필요한 $NADPH_2$과 숨쉬기에 필요한 빛합성산물이 넉넉히 보장되여 질산 및 아질산의 환원이 잘 진행된다.

NH_3은 식물세포안에서 해리된 물분자의 H^+와 결합하여 NH_4^+형태로 존재한다.

콩과식물의 뿌리혹에서 세균에 의하여 고정되는 대기중의 N_2도 NH_4^+형태로 식물체에 공급된다.

NH_3은 포도당이 분해될 때 생긴 유기산과 결합하여 아미노산을 만든다.

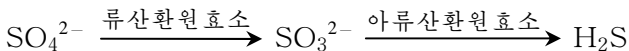
글루타민의 아미드질소는 아미노산합성에 리용된다.

류황동화

식물은 류황을 주로 류산이온(SO_4^{2-})형태로 흡수한다.

류산이온도 질산이온처럼 류화수소 H_2S로 환원되여야 유기류황화합물합성에 들어간다.

류산의 환원도 식물체에서만 진행된다.

$$SO_4^{2-} \xrightarrow{\text{류산환원효소}} SO_3^{2-} \xrightarrow{\text{아류산환원효소}} H_2S$$

H_2S가 S를 가진 아미노산인 시스테인을 비롯한 유기류황화합물로 전환된다.

질소동화나 류황동화과정에 만들어진 아미노산들은 단백질합성에 들어간다.

린산동화

린산은 무기이온(PO_4^{3-})형태로 생물체안에서 유기린화합물합성에 리용된다. 그 대표적실례가 ATP이다. 그와 함께 린산은 여러가지 누클레오티드, 핵산을 비롯한 유기린화합물합성에 들어간다.

기타 무기영양물질도 생체유기화합물로 전환된다. 례를 들면 Mg는 엽록소조성에, Fe는 철포르피린조성에 들어간다. 그밖에 Mo, Mn, Cu, Zn, B도 생체유기물질조성에 들어간다.

식물에 많이 요구되는 칼리움은 유기물질로 전환되지 않고 K^+형태로 있으면서 여러가지 효소활성을 조절한다.

생각하기

○ 식물의 무기영양물질동화가 어떻게 빛합성 및 숨쉬기와 관련되여있는가?

식물체안에서 진행되는 무기영양물질의 전환은 빛합성 및 숨쉬기와 밀접히 련관되여있다. 그러므로 식물의 빛합성과 숨쉬기가 원만히 진행되도록 생육조건을 잘 지어주어야 소출을 높일수 있다.

2. 유기영양물질의 전환

유기영양물질의 전환은 주로 남영양생물에서 일어나는 과정이다. 그러나 고등식물도 뇨소를 비롯한 일부 유기물질을 흡수하여 자기의것으로 전환시키며 씨앗이 싹틀 때에는 그에 저장되여있던 농마, 기름질, 단백질이 어린 식물체의 생육에 리용된다.

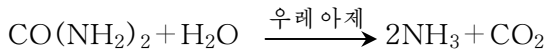
사람이나 동물의 유기영양물질가운데서도 중요한것은 당질,

기름질, 단백질이다.

고분자유기영양물질은 물에 풀리는 단순한 화합물로 전환되여 세포안에서 동화된다. 세포에서 단순한 화합물은 다시 복잡한 생체물질로 전환되여 세포의 자라기에 쓰이며 새로운 세포구성에 들어간다. 따라서 유기영양물질의 전환은 그의 동화과정이다.

뇨소

뇨소〔$CO(NH_2)_2$〕는 오줌의 기본성분이며 처음으로 인공합성된 유기물질이다. 뇨소는 질소비료의 하나로서 부식질토양에 치면 토양미생물의 효소 우레아제에 의하여 물분해되면서 암모니아와 이산화탄소로 전환된다.

$$CO(NH_2)_2 + H_2O \xrightarrow{\text{우레아제}} 2NH_3 + CO_2$$

그러나 모래땅과 토양의 깊은 층에서는 미생물활동이 약하고 땅온도가 낮기때문에 뇨소가 그대로 식물에 흡수된다. 뇨소를 잎덧비료로 주는 경우에는 뇨소가 그대로 식물체에 침투된다.

식물도 우레아제를 가지는데 콩과와 박과식물에 많다. 뇨소는 우레아제에 의하여 글루타민산과 반응하여 글루타민과 카르바밀산($H_2N-COOH$)으로 전환되며 오르니틴과 반응하는 경우에는 시트룰린이나 아르기닌을 형성한다. 이렇게 생긴 글루타민과 아르기닌은 단백질합성에 참가한다.

농마

농마는 식물체의 저장당질로서 씨앗이나 감자덩이줄기를 비롯한 저장영양기관에 많이 축적된다.

씨앗의 농마는 에네르기원천 및 생체구성물질합성의 재료로 쓰인다.

씨앗이 싹틀 때 농마는 아밀라제의 작용으로 길금당이나 포도당으로 물분해된다. 이 포도당은 숨쉬기기질로 리용되며 단백질, 기름질을 비롯한 생체구성물질로 전환된다.

사람이 음식물을 통하여 혹은 동물이 먹이를 통하여 농마를 흡수하면 침이나 소화관의 소화액에 있는 아밀라제와 말타제에 의하여 포도당으로 물분해된다. 이 포도당은 숨쉬기기질로 리용되거나 농마보다 분자량이 더 크고 복잡한 구조를 가진 글리코

겐으로 합성되여 간에 저장된다. 간에 저장되여있던 글리코겐은 필요한 때에 글리코겐포스포릴라제의 작용으로 물분해되여 다시 포도당으로 된다.

농마 ⟶ 포도당 ⟶ 글리코겐 ⟶ 포도당

이 포도당도 숨쉬기에 리용되거나 기름질, 단백질 등의 생체물질로 전환되여 생체구성에 들어간다.

생각하기

○ 농마밖의 당질에는 어떤것이 있으며 그것을 먹으면 어떻게 전환되는가?

○ 침이 모든 밥알에 묻게 하려면 식사를 어떻게 하여야 하는가?

기름질

기름질은 포도당보다 더 많은 에네르기를 가진 물질이며 생체구성에 들어가는 물질이다.

식물조직에 축적되였던 기름은 당질인 포도당으로 전환되여 숨쉬기에 리용된다.

동물체에서 기름질은 리파제에 의하여 글리세린과 기름산으로 물분해된다.

글리세린은 숨쉬기과정에 들어가고 기름산은 활성초산으로 전환되여 숨쉬기나 여러가지 생합성과정에 리용된다.

활성초산($CH_3CO \backsim S\text{-}C_OA$)은 숨쉬기의 레몬산순환의 출발물질일뿐아니라 생물체안에서 진행되는 여러가지 물질합성의 출발재료로도 된다.

특히 필수기름산은 식물성기름에 많으며 반드시 먹어야 한다. 그러므로 식물성기름을 해결하기 위하여 유채, 해바라기를 비롯한 기름작물과 함께 여러가지 기름나무를 많이 심어야 한다.

단백질

단백질은 유기영양물질가운데서 매우 중요한 자리를 차지한다.

사람들이 정상적으로 성장하고 건강한 몸으로 사업과 생활을 해나가자면 당질, 기름질과 함께 단백질을 충분히 섭취하여야 한다.

사람이 하루동안에 먹어야 할 단백질량은 대체로 자기 몸질량 kg수에 해당한 g이다.

례: 몸질량 50kg일 때 50g

단백질에는 N이 마른 질량의 평균 16% 포함되여있다.

식물성단백질의 생산량을 늘이려면 단백질함량이 많은 콩을 많이 재배하여야 한다.

그와 함께 산과 빈땅에 풀판을 조성하고 풀먹는 집짐승기르기를 비롯한 축산업을 발전시켜야 한다. 그리하여 필수아미노산을 많이 가지고있는 동물성단백질인 고기와 알, 젖제품을 대대적으로 생산하여야 한다.

사람이 음식물을 먹으면 그속의 단백질은 여러가지 단백질분해효소의 작용으로 물분해되면서 아미노산들로 전환된다.

아미노산들은 먼저 간세포에서 단백질로 합성되여 피진단백질로 된다. 그와 함께 아미노산들은 세포들에서 세포자체를 이루는 구조단백질과 여러가지 작용을 하는 기능단백질로 합성된다.

단백질 $\xrightarrow{\text{효소}}$ 아미노산 $\xrightarrow{\text{효소}}$ 단백질(구조, 기능)

어떤 아미노산들은 더 분해되여 여러가지 물질대사과정에 쓰이고 암모니아는 뇨소로 전환되여 오줌으로 배설된다.

단백질 → 아미노산 → NH_3 → 뇨소(오줌)

단백질 → 아미노산 → 유기산 → 여러가지 물질합성

사람이나 동물에 필요한 무기원소는 무기염형태로도 흡수되나 기본은 유기물질형태로 섭취된다.

유기물질형태의 무기원소들은 소화과정에 유리되여 생체물

질로 전환된다.

사람에게 많이 요구되는 칼시움은 식물조직의 펙틴물질에 포함되여있으며 나트리움과 염소는 소금에 포함되여있다.

철은 식물성음식물을 통해 섭취되는데 부족증이 나타날 때에는 동물의 피를 많이 먹거나 약으로 무기철염을 리용할수 있다.

미량원소인 요드는 바다물에 포함되여있으며 미역, 다시마를 비롯한 바다나물에 많다. 불소도 바다소금에 있다. 셀렌은 콩과식물의 씨앗단백질에 포함되여있다.

탐구

씨앗싹트기의 비밀

문제

씨앗이 싹틀 때 그안의 농마는 포도당이나 길금당으로 전환되며 기름도 당으로 전환되여 자라는 어린 식물체에 리용된다. 이러한 씨앗의 싹트기특성을 어디에 리용하는가?

가설

씨앗의 싹트기는 고분자물질이 저분자물질로 분해되는것과 관련되여있다.

실험

보리, 밀, 벼, 강냉이, 해바라기의 씨앗을 물에 적신 려과종이를 깐 샤레에 10~15알 펴놓고 뚜껑을 덮은 다음에 20~28℃에서 싹틔운다.

씨앗들이 며칠만에 달콤해지는가를 맛보는 방법으로 판정한다.

벼과식물의 씨앗에서 뿌리나 싹이 나온 다음에 껍질을 벗기고 눈젖이 얼마나 녹아들어갔는가를 씨앗의 상대적길이로 조사한다.

토론

○ 조사결과로부터 무엇을 알수 있는가?

○씨앗의 농마가 무슨 효소에 의하여 분해되겠는가, 그 효소활성이 제일 높은 씨앗은 어느것이며 그것을 어디에 리용하겠는가?
○씨앗의 싹트기특성을 리용하여 만든 제품을 꼽아보아라.

문 제

1. 영양물질의 전환이 생물에 따라 어떻게 다른가?
2. 식물의 질소동화에 대하여 말해보아라.
3. 주요유기영양물질은 생물체안에서 어떻게 전환되는가?
4. 우리가 먹는 단백질의 전환은 어떻게 일어나는가?

련습 물질대사와 에네르기대사

1. 효소란 어떤 물질이며 물질대사에서 어떻게 중요한 역할을 하는가?

2. ATP란 어떤 물질이며 에네르기대사에서 어떻게 중요한 역할을 하는가?

3. 빛합성할 때 생긴 산소와 포도당속의 산소는 각각 어디에 있던것이며 왜 그런가?

4. 숨쉬기할 때 생긴 CO_2속의 산소와 H_2O속의 산소는 각각 어디에 있던것이며 왜 그런가?

제2장. 항상성과 행동

바깥날씨가 춥거나 더워도 사람의 체온은 36~37℃로 유지되며 물이나 음식물을 먹어도 피량과 조성은 크게 달라지지 않는다.

이처럼 바깥환경의 변화에 무관계하게 몸상태를 일정한 수준으로 유지조절해나가는 성질을 **항상성**이라고 부른다.

항상성은 모든 생물들에 있는 성질이다.

사람이나 동물의 항상성은 신경계통, 호르몬, 체액, 면역계통의 작용과 밀접히 련관되여있다.

제1절. 신경계통과 항상성

・항상성이 신경계통에 의하여 어떻게 유지조절되는가?

1. 신경임풀스의 전도와 전달

어떤 소리가 나면 그쪽을 바라보든가 음식물을 보자 침을 흘리는것과 같은것은 자극을 받아 감수기에서 발생한 신경임풀스가 신경회로 즉

감수기→구심성신경→척수 혹은 뇌수→원심성신경→효과기에로 전해져 나타난다.

그러면 신경임풀스가 신경회로를 따라 어떻게 전해지는가를 보기로 하자.

1) 신경섬유에서 신경임풀스의 전도

신경임풀스

살아있는 세포에서는 세포막을 사이에 두고 이온분포에서 차이가 있다.

안정상태에서 막바깥은 《+》, 막안은 《−》로 대전되여있다. 이러한 상태를 분극되여있다고 말하며 세포막안팎사이에 생긴 전위차를 **안정전위**라고 부른다.

안정전위는 세포막에 있는 《Na^+-K^+뽐프》라고 하는 물질이 작용하기때문에 유지된다.

《Na^+-K^+뽐프》는 Na^+를 세포밖으로, K^+는 세포안으로 퍼옮긴다. 퍼옮겨진 K^+는 투과성이 커서 곧 K^+통로를 거쳐 세포밖으로 퍼져나가지만 이것과 정전기적으로 끌려있던 《−》이온은 세포밖으로 나가지 못한다. 이렇게 되여 세포밖은 《+》, 세포안은 《−》로 대전된다.

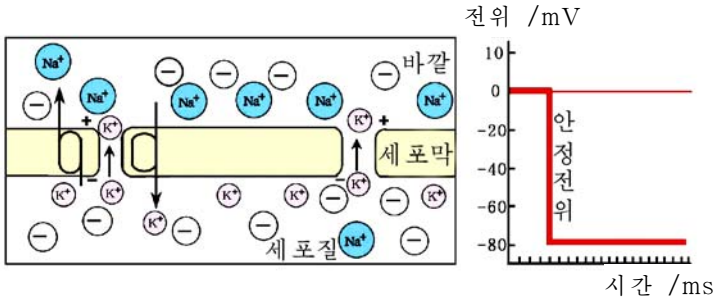



그림 2-1. 안정전위

안정전위의 크기는 -60~-90mV이다.

신경세포막의 어떤 곳이 자극을 받으면 안정상태에서는 통과하지 못하던 Na^+가 Na^+통로를 거쳐 순간적으로 세포안으로 들어간다. 이때 Na^+와 정전기적으로 끌리여있던 음이온은 세포밖에 남는다. 그 결과 막안쪽은 《+》, 막바깥쪽은 《−》로 대전된다.

이런 현상을 **탈분극**, 탈분극상태를 **흥분**(신경임풀스)이라고 부른다.

흥분부위와 흥분되지 않은 부위사이의 전위차를 **활동전위**(동작전위)라고 부른다.

활동전위의 크기는 100~120mV이다.

흥분하였던 곳에서는《Na^+-K^+뽐프》의 작용으로 곧(1~2ms 사이) 본래의 안정상태로 돌아간다.

이와 같이 신경세포에서 자극에 의하여 한번 흥분하였다가 안정상태로 돌아가면 하나의 신경임풀스가 생겼다고 말한다.

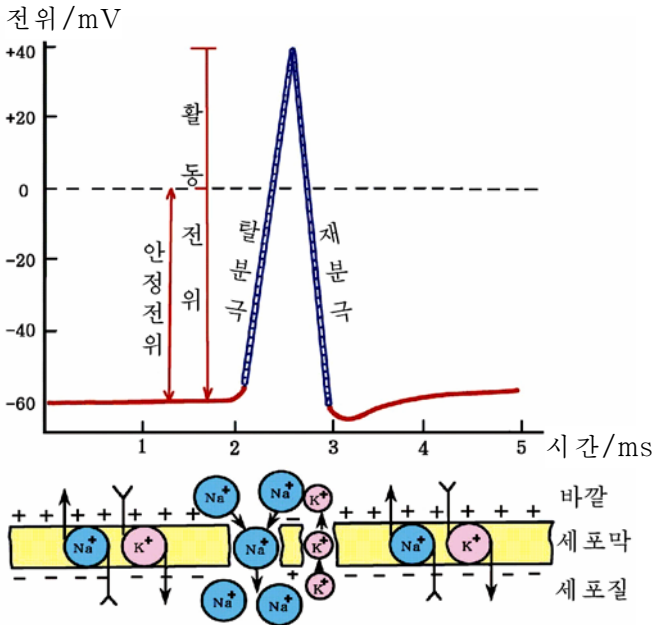



그림 2-2. 활동전위

신경임풀스의 전도

자극을 받아 신경섬유의 한곳이 흥분하면 흥분하지 않은 린접부위에서 세포안으로의 Na^+투과성이 급격히 높아진다. 그리하여 그곳에 새로운 흥분이 생긴다.

이 과정이 되풀이되면서 처음에 생긴 흥분은 신경섬유를 따라 량쪽으로 옮겨진다.

결국 신경섬유에서 신경임풀스전도는 활동전위의 순차적인 발생과정 즉 흥분이 옮겨가는 과정이다.

축삭돌기

유수신경섬유

활동전위시작부위

신경속집

Na^{+}

축삭돌기

Na^{+}

무수신경섬유

첫 활동전위부위

Na^{+}

축삭돌기

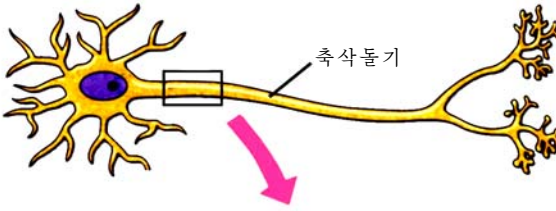
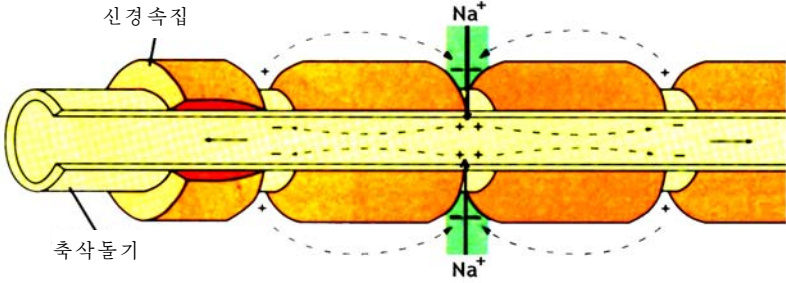
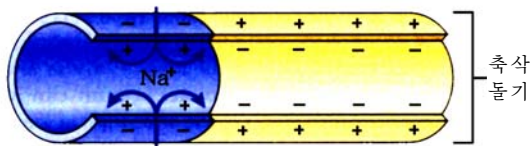



그림 2-3. 신경섬유에서 신경임풀스의 전도

신경섬유에서 신경임풀스가 전도되려면 신경섬유가 형태적으로나 기능적으로나 완전하여야 한다.

생각하기

○ 신경섬유의 한부분을 손상시키면 신경임풀스가 전도되지 못한다. 그 원인은 무엇이겠는가?

신경섬유묶음안에서 한 신경섬유를 따라 전도되는 신경임풀스는 린접섬유에로 옮겨가지 않는다.

그것은 절연체의 역할을 하는 신경속집(수초)이 신경돌기를 둘러싸고있기때문이다.

신경섬유에서 신경임풀스전도속도는 신경섬유의 종류에 따라 다르다.

례를 들어 신경속집이 있는 유수신경섬유에서는 약 120m/s이고 신경속집이 없는 무수신경섬유에서는 0.5~2m/s이다.

유수신경섬유에서 전도속도가 빠른 원인은 1~2mm 간격으로 놓여있는 잘룩이부위마다에서 신경임풀스가 뛰뛰기식으로 전도되기때문이다.

무수신경섬유에서는 잘룩이가 없어 신경임풀스가 조금씩 차례로 전도된다.

유수신경에서도 굵은 신경섬유일수록 더 빨리 전도된다.

2) 접합부에서 신경임풀스전달

신경섬유를 따라 전도되는 신경임풀스는 다른 신경세포와 힘살세포, 분비세포에로 넘어가게 된다.

이때에는 신경임풀스가 신경섬유에서와 다른 리치에 따라 옮겨간다.

그것은 잇닿은 부분의 구조가 신경섬유와 다르기때문이다.

신경세포들이 련결될 때 신경섬유끝(신경말단)은 넓어지고 매우 좁은 틈새(15~100nm)를 사이에 두고 잇닿아있다.

이 잇닿은 부분을 **접합부**(시납스)라고 부른다.

좁은 틈새(접합부틈)에는 조직액이 차있고 신경말단안에는 30~50nm 크기의 수많은 접합부소포와 사립체들이 있다.

접합부소포에는 신경전달물질이라는 화학물질이 들어있다.

접합부뒤막에는 신경전달물질접수체가 있다.

접합부에서 신경임풀스가 어떻게 전달되는가.

신경임풀스가 신경말단에 이르면 그곳에 있는 Ca^{2+}통로가 열려 Ca^{2+}이 신경말단안으로 급속히 들어간다.

Ca^{2+}의 작용으로 효소들이 활성화되면 접합부소포들이 접합부앞막에 옮겨져 거기에 결합되였다가 터진다.

이때 신경전달물질이 접합부틈으로 나와 확산되여 접합부뒤막의 신경전달물질접수체에 결합된다.

이것에 의하여 접합부뒤막의 Na^{+}통로가 열려 Na^{+}가 접합부틈에서 접합부뒤막안쪽으로 들어감으로써 거기에 새로운 활동전위가 발생한다.

즉 신경임풀스가 발생한다. 이와 같이 접합부에서의 신경임풀스전달은 신경전달물질에 의해서 진행된다.

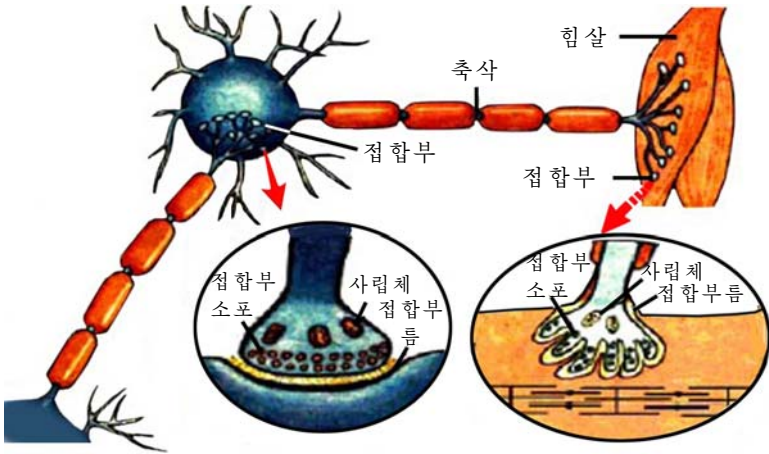



그림 2-4. 접합부의 구조

신경전달물질은 한번 작용한 다음에는 효소에 의하여 곧 파괴된다. 그러므로 접합부에서 신경임풀스가 련속 전달되려면 신경섬유를 따라 신경임풀스가 련속 신경말단에 와닿아야 한다.

생각하기

○ 신경전달물질이 어떤 화학물질의 작용을 받아 활성을 잃으면 신경임풀스가 접합부를 통과할수 없게 된다. 이것을 어디에 리용할수 있겠는가?

접합부에서는 신경임풀스가 한쪽 방향으로만 전달되며 그 전달속도는 신경섬유에 비하여 훨씬 느리다.

뇌수는 수많은 접합부를 이루고있는것으로 하여(하나의 신경세포에 수십~수백의 접합부가 있다.) 입력되는 신경임풀스들을 분석종합하고 알맞는 《지령》을 내릴수 있으며 기억, 사고활동을 진행할수 있다.

2. 신경계통에 의한 항상성조절

1) 중추신경계통의 통합작용에 의한 항상성조절

생각하기

○ 갑자기 먼지가 눈에 날아들면 눈을 깜빡이든가 손으로 그것을 막는 반사가 나타난다. 이때 신경임풀스는 어떤 신경회로를 거쳐 나타나리라고 생각하는가?

뇌수와 척수의 기본기능은 감수기에서 발생한 신경임풀스를 받아 그것을 분석종합하고 여러 기관에 해당한 《지령》을 내리는 통합작용을 하는것이다.

례를 들어 바깥날씨가 차져 체온이 내려가면 중추신경계통에서는 그것에 대한 정보를 받아 온몸의 힘살을 긴장시키고 피부피줄을 줄이라는 신호를 내려보내여 열생산량을 늘이는 동시에 몸에서 열이 덜 빠져나가도록 한다.

한편 사람은 옷을 입든가 더운 곳을 찾아가 열손실을 막으며 불을 지펴 체온을 알맞게 유지한다.

이와 같이 중추신경계통의 통합작용에 의하여 사람이나 동물은 끊임없이 변화되는 환경조건에 알맞게 기관들의 작용을 조절하면서 몸상태를 늘 일정하게 유지조절해나간다.

2) 자률신경계통에 의한 항상성조절

항상성의 유지조절에서 중요한 역할을 하는것은 자률신경계통이다.

자률신경계통을 이루는 교감신경과 부교감신경은 내장기관들에 함께 분포되여있으면서 서로 반대작용을 나타내는것을 통하여 항상성이 유지조절되게 한다. 례를 들어 어떤 원인으로 혈압이 올라가면 압감수기에 발생한 높은 혈압에 대한 정보가 자

률신경중추에 전달되며 여기에서 부교감신경에로 《지령》이 내려져 심장이 약하게 뛰고 피줄(혈관)이 넓어져 혈압이 내려간다. 반대로 혈압이 낮아지면 이번에는 교감신경에 의하여 심장활동이 강화되고 피줄이 좁아져 혈압은 오르게 된다.

교감신경과 부교감신경은 서로 협력작용을 하여 몸상태를 알맞게 조절하기도 한다.

례를 들어 음식물을 먹을 때 부교감신경은 묽은 침이 많이

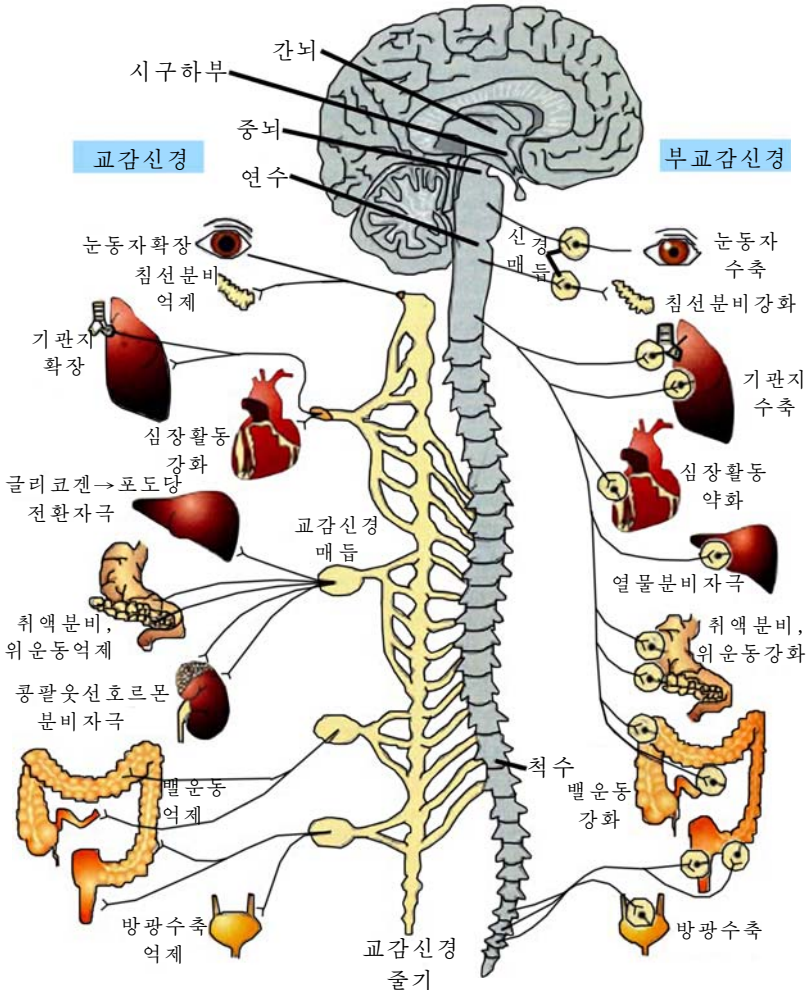



그림 2-5. 자률신경의 작용

분비되도록 하고 교감신경은 소화효소가 많이 분비되도록 하여 소화를 돕는다.

생각하기

○ 달리기를 하였더니 심장이 빨리 뛰고 호흡이 빨라지며 입안이 말라들었다. 어떤 신경이 작용했겠는가?

이와 같이 자률신경계통에 의하여 뜻에 관계없이 기관들의 활동이 자동적으로 알맞게 조절되여 몸의 항상성이 유지조절된다.

문 제

1. 신경임풀스란 무엇이며 어떻게 발생하는가?
2. 유수신경섬유에서 신경임풀스가 어떻게 전도되는가?
3. 접합부의 구조는 어떠한가?
4. 접합부에서는 신경임풀스가 어떻게 전달되는가?
5. 교감신경과 부교감신경은 기관들의 활동에 대하여 어떤 작용을 나타내는가?

【실험】 호흡정지능력 알아보기

준비:초시계

방법

1) 안정한 상태에서와 운동할 때의 호흡정지시간을 측정한다.

① 안정상태에서 호흡정지최대시간을 측정한다.

② 1초에 한번씩 20번 무릎굽혀펴기를 한 다음 즉시에 호흡정지최대시간을 측정한다.

2) 운동할 때와 안정할 때의 분당 맥박수를 측정하고 호흡정지후의 분당 맥박수를 알아본다.

① 안정상태에서의 분당 맥박수를 잰다.

② 1초에 한번씩 무릎굽혀펴기를 20번 한 다음 분당 맥박수를 잰다.

③ 20초동안 호흡을 정지한 후 분당 맥박수를 잰다.

(1분동안의 맥박수는 첫 15초동안의 맥박수를 측정하고 4곱하여 얻는다.)

분석과 토론

- ○ 안정할 때와 운동후의 호흡정지최대시간은 얼마이며 그 원인은 무엇인가?
- ○ 안정할 때와 운동할 때 그리고 호흡정지후의 분당 맥박수는 얼마이며 분당 맥박수에서의 차이의 원인은 무엇인가?
- ○ 실험결과들을 서로 비교해보고 같은 점을 찾아보아라.

※ 매 실험을 3회 반복하고 평균치를 낸다. 실험간격은 2분으로 한다.

결과처리

매 실험결과를 학습장에 기록한다.

제2절. 호르몬과 항상성

· 호르몬에 의하여 항상성이 어떻게 조절되는가?

1. 호르몬의 작용형과 과녁기관

호르몬은 신경계통과 함께 항상성을 유지조절하는데서 중요한 작용을 한다.

생각하기

○ 내분비선에는 어떤것들이 있으며 각각 어떤 호르몬을 분비하는가?

호르몬은 피속에 분비되면 유리형과 결합형(피진단백질과 결합된것)의 2가지형태로 존재하며 운반된다. 그가운데서 유리형만이 활성을 띤다. 그러므로 세포, 조직, 기관에 작용하는것

은 유리형이다. 결합형은 활성을 띠지 않을뿐아니라 분자가 커서 세포안으로 들어가지도 못하므로 작용하지 못한다. 결합형이 작용을 나타내려면 유리형으로 전환되여야 한다.

결합형은 생리적으로 큰 의의를 가진다. 그것은 활성을 띠는 유리형이 피속에 정상이상으로 많아지는것을 막아주며 유리형호르몬의 예비로 되기때문이다.

그리고 결합형은 작용하는 조직, 기관에까지 호르몬이 안전하게 운반되도록 하기때문이다.

결합형과 유리형은 서로 이행하면서 비김상태를 이룬다.

그러므로 세포, 조직, 기관에서 진행되는 물질대사나 몸안환경이 늘 일정한 수준에서 유지조절된다.

호르몬에는 여러가지 종류가 있지만 호르몬마다 작용하는 기관이 정해져있다.

그것은 세포, 조직, 기관들마다에 일정한 호르몬만을 받아들이는 접수체를 가지고있기때문이다. 이와 같이 호르몬이 작용하는 기관을 **과녁기관**(또는 표적기관)이라고 부른다. 례를 들어 갑상선자극호르몬의 과녁기관은 갑상선이다.

호르몬들의 과녁기관은 한개인 경우도 있지만 여러개인 경우도 있다. 례를 들어 물질대사를 조절하는 호르몬의 과녁기관은 온몸의 대부분 세포들이다.

호르몬접수체는 과녁기관의 세포막에 있는것도 있고 세포질 혹은 핵안에 있는것도 있다.

2. 호르몬의 작용물림새

호르몬이 과녁세포에 이르러 작용을 나타내는 물림새는 복잡하며 다양하다.

어떤 호르몬(례: 아세틸콜린)이 과녁세포의 세포막접수체에 접수되면 이것에 린접한 단백질의 도움으로 세포막의 통로가 열림으로써 세포의 반응이 나타나게 된다.

분자가 큰 호르몬은 2차정보전달자(혹은 호르몬작용중매체)라고 부르는 cAMP(고리AMP)의 도움으로 세포안의 효소를 활성화하여 생물학적반응이 나타나게 한다.

호르몬
호르몬
접수체
아데닐시클라제
세포막
세포질
G단백
ATP
cAMP
Ⓟ Ⓟ
ㄱ
불활성프로테인
키나제
활성프로테인키나제
특수효소
(불활성형)
특수효소
(활성형)
생물학적
반응

피
운반
단백질
호
르
몬
세포질
핵
DNA
mRNA
ㄴ
세포질안접수체
mRNA
단백질합성
생물학적반응
과녁세포

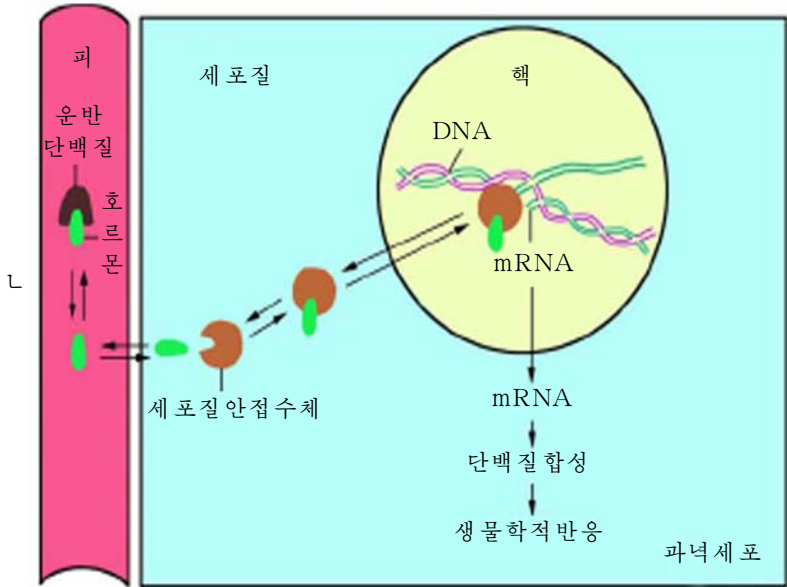
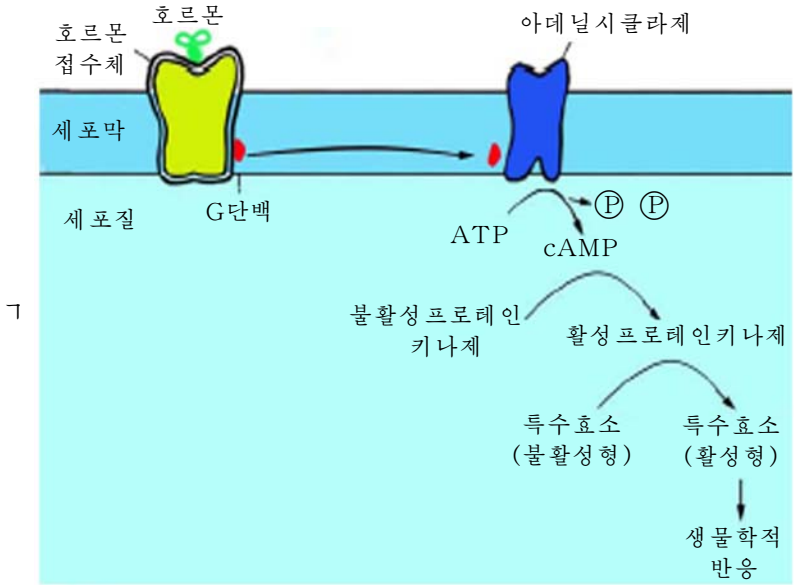



그림 2-6. 호르몬의 작용물림새

ㄱ-2차정보전달자에 의하여 나타나는 호르몬의 작용효과
ㄴ-세포질접수체에 접수되여 나타나는 호르몬의 작용효과

cAMP는 호르몬이 세포막에 있는 호르몬접수체에 접수되여 어떤 단백질을 활성화하고 그것이 아데닐시클라제라는 효소를 활성화한 결과에 ATP로부터 만들어진다.

또한 분자크기가 작은 다른 호르몬은 세포막을 통과하여 세포질에 있는 호르몬접수체에 결합되여 효과를 나타내든가 핵안으로 운반되여 유전자를 활성화함으로써 생물학적반응이 나타나게 한다. 콩팥웃선겉질호르몬이 이와 같은 물림새로 작용을 나타낸다.

3. 피속호르몬농도의 조절

피속호르몬농도는 늘 일정한 수준으로 유지되고있다. 이것은 몸안환경과 몸상태를 일정한 수준으로 유지하는데서 매우 중요한 의의를 가진다. 피속호르몬농도가 일정한 수준으로 유지되게 되는것은 내분비계에서 부의 되돌이조절이 진행되기때문이다.

부의 되돌이조절은 조절계에서 마지막단계의 결과가 그 앞단계에 작용하여 반대의 작용을 나타내도록 하는 조절방식을 말한다.

생각하기

항온기에서 항온이 유지되는것은 열전도성이 서로 다른 쌍금속판으로 이루어진 조절기와 전열기에서 생기는 열사이에 이루어지는 관계때문이다.

○ 부의 되돌이조절이 어떻게 진행되겠는가?

피속의 티록신농도가 일정한 수준으로 유지되는 물림새를 살펴보자.

뇌하수체전엽에서 갑상선자극호르몬이 분비되면 이 호르몬의 작용에 의하여 갑상선에서 티록신(물질대사를 촉진하는 호르몬)이 분비된다. 피의 티록신농도가 일정한 수준이상으로 높아지면 온몸에서 물질대사가 활발히 진행되는 한편 높아진 피속티록신농도에 대한 정보가 뇌하수체전엽에 전달되여 갑상선자극호르몬분비를 억제한다. 그러므로 갑상선에서 티록신분비도 억제된다.

반대로 피속티록신농도가 일정한 수준아래로 낮아지면 이

정보에 의하여 뇌하수체전엽에서 억제효과가 해제된다. 그러므로 갑상선자극호르몬분비가 다시 많아진다.

따라서 티록신분비도 다시 많아진다.

피속호르몬농도에
대한 정보
간뇌
(시구하부)
뇌하수체
전엽
되
돌
이
갑상선자극
호르몬
콩팥웃선겉질
자극호르몬
생식선자극
호르몬
갑상선호르몬
콩팥웃선겉질
호르몬
성호르몬
물질대사촉진
피당량 높임,
조직의 반응성 높임
2차성적특징을
나타냄

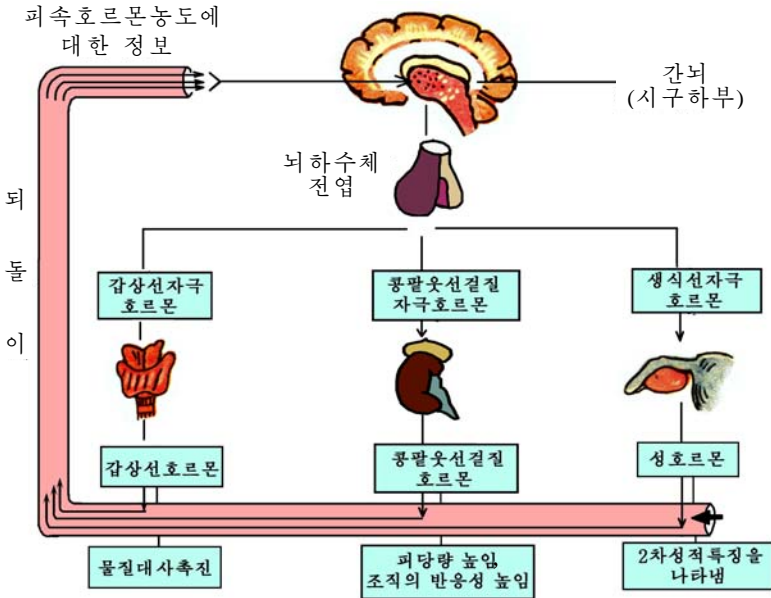



그림 2-7. 내분비계에서 부의 되돌이조절

생각하기

그림 2-7을 보면서 생각하여보아라.

○ 피속의 콩팥웃선겉질호르몬농도가 어떻게 일정한 수준으로 유지되겠는가?

내분비계에서 부의 되돌이조절은 피속에 호르몬이 지나치게 많아지거나 적어지는것을 막고 일정한 농도로 유지되도록 한다.

내분비계에서 부의 되돌이조절이 끊임없이 진행되기때문에 기관들의 활동, 몸안상태가 정상에서 기울어지지 않고 언제나 일정한 수준으로 유지되며 생명활동이 가장 알맞게 진행된다.

참 고

누에의 모습갈이와 허물벗기

누에는 4번 허물벗고 5령기에 고치를 짓는다. 고치안에서 누에는 번데기단계를 거쳐 나비로 된다.

누에새끼벌레의 앞가슴에 앞가슴선이라고 부르는 내분비선이 한쌍 있다. 여기에서 분비되는 엑티존이라는 호르몬은 누에의 자라기와 허물벗기, 모습갈이를 촉진한다.

뇌수뒤쪽에는 알라타체라고 부르는 내분비선이 있다. 여기에서 분비되는 유약호르몬은 누에상태가 그대로 유지되게 한다.

엑티존과 유약호르몬이 함께 작용하면 누에는 차례로 허물을 벗으면서 자란다.

5령기가 되면 알라타체가 퇴화되여 유약호르몬분비가 멎고 엑티존만 분비된다. 그러므로 누에는 번데기로 된다.

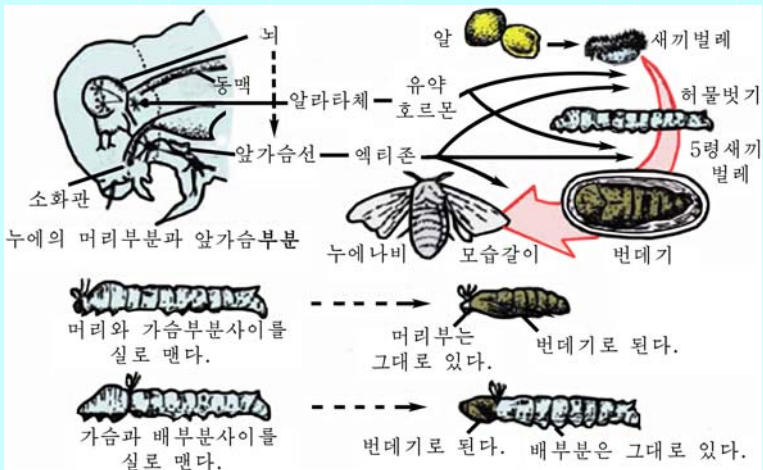



그림 2-8. 누에의 모습갈이와 호르몬의 작용

제3절. 호르몬과 신경계통의 협동작용과 체액의 항상성

- 호르몬과 신경계통의 협동작용에 의하여 체액의 항상성이 어떻게 조절되는가?

1. 체액의 삼투압조절

체액의 삼투압은 몸안환경의 중요한 요소의 하나이다.

체액의 삼투압은 모든 세포들이 제모양을 갖추고 정상적으로 살아가며 일정한 량의 물을 몸안에 보존하도록 하는데서 큰 의의를 가진다.

체액의 삼투압은 체액에 풀려있는 염류, 단백질, 당과 같은 물질의 농도에 따라 규정되는데 생물에 따라 조금씩 다르다.

례를 들어 물고기나 개구리 같은 변온동물의 체액의 삼투압은 0.65% 소금용액이 나타내는 삼투압과 같고 젖먹이류, 새류 같은 정온동물과 사람에게서 체액의 삼투압은 0.85% 소금용액이 나타내는 삼투압과 같다.

사람이나 동물들은 체액의 삼투압이 늘 일정한 수준으로 유지되도록 조절해나가고있다.

체액의 삼투압을 유지해나가는데서 중요한 역할을 노는 기관은 콩팥이다. 콩팥은 체액의 삼투압이 변하면 염농도가 짙은 오줌을 내보내거나 묽은 오줌을 내보내는 방법으로 체액의 삼투압을 바로 잡는다.

콩팥의 이러한 작용은 신경계통과 호르몬의 협력작용을 받아 실현된다.

만일 짜게 먹거나 땀을 많이 흘리면 갈증이 나서 물을 마시며 오줌을 덜 눈다.

이것은 체액의 삼투압이 높아져 나타나는 현상인데 호르몬과 신경계통의 작용으로 높아진 삼투압을 정상수준으로 낮추기 위한 작용이다. 이 과정을 구체적으로 살펴보자.

체액의 삼투압이 높아지면 피줄과 그밖의 여러곳에 분포되여있는 삼투압감수기로부터 높아진 삼투압에 대한 신호가 구심

성신경을 따라 시구하부에 전달된다. 높은 삼투압에 대한 신호는 이어 시구하부로부터 대뇌피질의 갈증중추에 전해져 갈증을 일으키는 한편 뇌하수체후엽에 전해져 항리뇨호르몬(바조프레신)이 많이 분비되게 한다. 시구하부로부터의 신호는 콩팥웃선 겉질에도 전해져 알도스테론(광물질성코르티코이드)도 많이 분비되게 한다.

그리하여 갈증중추의 작용으로 물을 마시고 항리뇨호르몬과 알도스테론의 작용으로 염농도가 짙은 오줌을 배설함으로써 높아졌던 체액의 삼투압은 낮아지게 된다.

반대로 물을 많이 마셔 체액의 삼투압이 낮아지면 이번에는 이것에 대한 신호가 신경계통을 통하여 콩팥에 전해져 토리체실피줄이 확장되는 한편 항리뇨호르몬분비가 억제되여 묽은 오줌을 많이 누게 된다. 그리하여 낮아진 체액의 삼투압은 높아지게 된다.

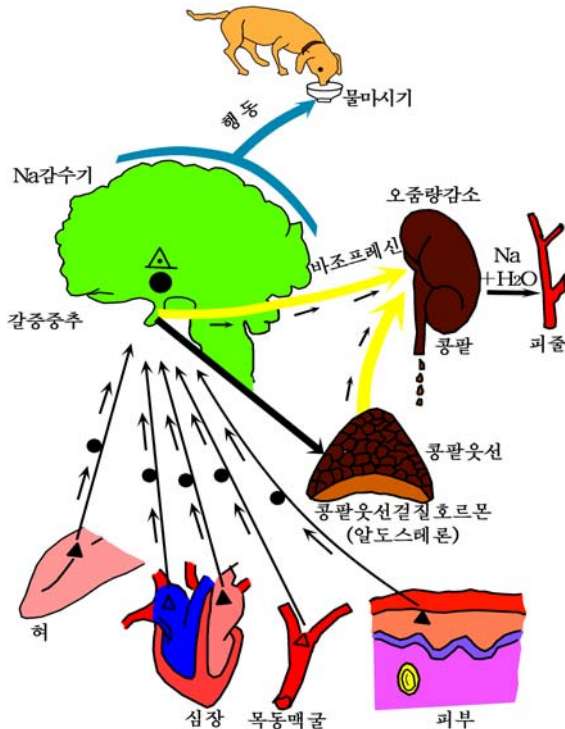



그림 2-9. 젖먹이류의 몸안에서 체액의 삼투압이 높을 때 그것의 조절

물고기의 경우 체액의 삼투압조절방식은 사는 곳에 따라 다르다.

체액의 삼투압을 물보다 높게 유지하고있는 민물고기는 호르몬과 신경계통의 작용으로 아가미로 염류를 적극적으로 흡수하는 한편 콩팥에서 염류를 재흡수하고 묽은 오줌을 많이 내보내는 방법으로 체액의 염농도를 물보다 퍽 높게 유지한다.

체액의 삼투압을 바다물보다 낮게 유지하고있는 바다물고기는 늘 짠 바다물을 마시므로 체액의 삼투압이 높아질수 있지만 민물고기에서와는 달리 호르몬과 신경계통의 조절작용으로 아가미나 염선으로 염분을 내보내는 한편 염농도가 짙은 오줌을 배설한다. 그러므로 체액의 염농도를 바다물보다 낮게 유지한다.

이와 같이 신경계통과 호르몬의 협력작용으로 체액의 삼투압은 늘 일정한 수준으로 유지조절된다.

2. 혈당량조절

혈당량도 체액의 삼투압처럼 늘 일정한 수준으로 유지조절되고있다.

생각하기

사람의 혈당량은 4.4~6.6mol/L(800~1 200mg/L)로 유지되고있다.

○ 혈당은 어디에서 보장하며 또 어디에 쓰이는가?

혈당량이 크게 달라지면 세포의 기능과 생명활동에 심각한 영향을 미친다. 가령 어떤 원인으로 혈당량이 너무 높아지면 피의 삼투압이 높아지고 물질대사가 장애되며 반대로 혈당량이 심히 낮아지면 세포의 전반적인 기능이 약해지고 정신력이 나빠지며 심하면 의식을 잃거나 죽음에로 이어진다.

혈당량도 호르몬과 신경계통의 복잡한 협동작용에 의하여

생각하기

○ 취장섬에서 어떤 호르몬이 분비되며 이 호르몬은 어떤 작용을 하는가?

알맞춤하게 유지조절된다.

만일 혈당량이 낮아지면 시구하부가 자극을 받아 그곳으로부터 신호가 교감신경을 따라 콩팥웃선속질에 전해져 아드레날린분비가 촉진된다. 그리고 뇌하수체에서 콩팥웃선겉질자극호르몬과 갑상선자극호르몬분비가 강화되여 당질성코르티코이드와 티록신분비가 촉진된다. 한편 취장섬의 α세포가 혈당저하자극을 받아 글루카곤을 많이 분비한다.

분비된 글루카곤, 당질성코르티코이드, 티록신의 작용에 의하여 간세포에서 글리코겐이 포도당으로 분해되고 아미노산과 기름이 당으로 전환되여 피속으로 들어가므로 혈당량이 높아진다.

반대로 혈당량이 높아지면 이번에는 취장섬의 β세포가 직접 자극을 받아 인술린분비가 촉진된다. 동시에 시구하부로부터 신호가 부교감신경을 따라 취장섬의 β세포에 전달되여 인술린분비는 더욱 촉진된다.

그리하여 피속의 포도당이 간세포와 힘살세포에로 넘어가 글리코겐으로 합성되여 혈당량은 낮아진다.

당분을 많이 섭취하거나 다른 원인으로 혈당량이 8.8mol/L (1 600mg/L)이상으로 높아지면 콩팥은 당을 오줌으로 내보낸다. 이것을 **당뇨**라고 부른다.

이와 같이 혈당량은 호르몬과 신경계통의 조절작용에 의하여 늘 일정한 수준으로 유지조절된다.

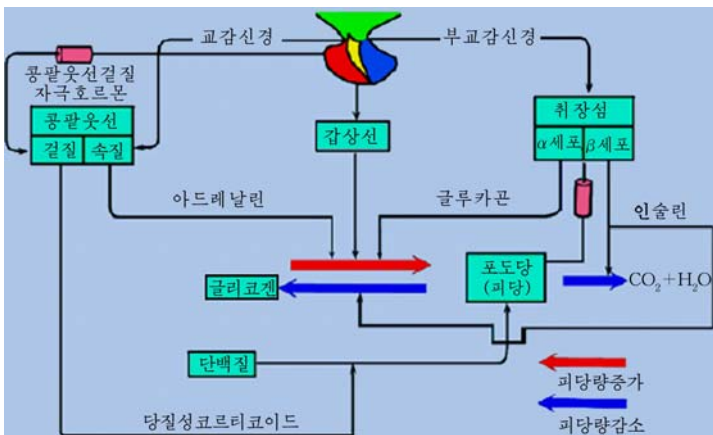



그림 2-10. 혈당량의 조절

3. 체온조절

개구리와 같은 변온동물에서는 바깥온도의 변화에 따라 체온이 오르내리지만 젖먹이류, 새류 같은 정온동물과 사람에게서는 체온이 바깥온도의 변화에 관계없이 늘 일정한 수준에서 유지된다. 례를 들어 사람에게서는 36~37℃, 토끼에게서는 38~40℃, 새류에게서는 40~43℃범위에서 유지된다.

체온은 물질대사가 정상적으로 진행되고 세포, 조직, 기관들의 활동이 원만히 진행되도록 하는 중요한 몸안환경조건이다.

만일 사람의 체온이 43℃이상에 이르면 몸구성단백질과 효소들이 변성되여 세포, 조직, 기관들이 자기의 기능을 원만히 수행할수 없으며 물질대사가 장애된다. 반대로 체온이 34℃ 아래로 내려가면 물질대사수준이 몹시 낮아지며 세포기관들의 활동은 정지상태에 이른다.

사람이나 정온동물에서는 체온을 일정한 수준으로 유지조절해나가는 물림새가 잘 발달되여있다.

생각하기

○ 몸에서 열은 주로 화학적과정에 생기고 열방출은 물리적과정에 의하여 진행된다. 몸에서 어떤 물리적과정에 의하여 열이 방출되는가?

정상체온의 유지와 조절도 혈당조절에서와 마찬가지로 신경계통과 호르몬의 협동작용에 의하여 실현된다.

기온이 낮아지면 이것의 자극으로 피부의 랭감수기에서 흥분이 발생한다.

이 신경임풀스는 지각신경을 따라 시구하부의 체온조절중추에 전달된다. 한편 낮아진 피의 온도에 의하여 시구하부가 직접 자극되기도 한다.

이렇게 되면 시구하부의 체온조절중추에서 열생산을 늘이고 열방출을 줄이라는 《지령》이 내려진다. 이 《지령》은 교감신경을 따라 뼈힘살과 털세움살에 전해져 이것들의 수축을 일으킴으로써 열생산량이 많아지며 피부피줄에 이르러서는 피줄을 수축시켜 피부에로의 피흐름을 감소시켜 열이 덜 빠지게 한다.

한편 아드레날린과 티록신을 많이 분비시켜 뼈힘살과 간에서 물질대사과정(이화과정)을 강화한다. 결과 열이 많이 생겨나 방출되는 열을 보상하고도 체온을 높여 정상수준에 이르게 한다.

열을 많이 생산하는 곳은 뼈힘살과 간이다. 운동할 때에는 총 열생산량의 약 90%를 뼈힘살에서 생산한다.

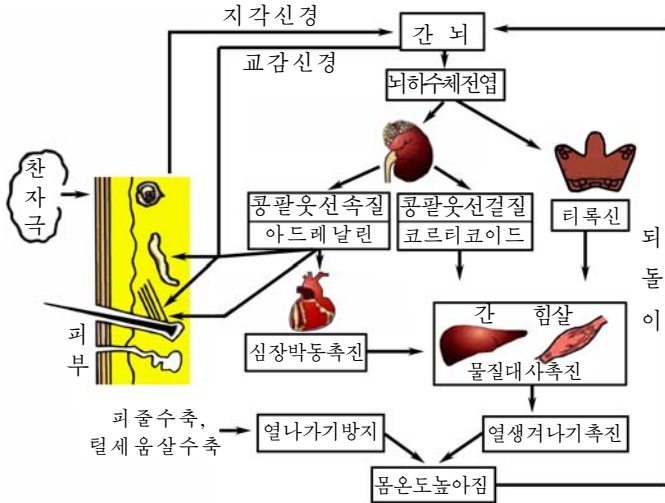



그림 2-11. 체온조절

반대로 기온이 높아지거나 체온이 높아지면 이번에는 체온조절중추에서 열생산은 줄이고 열방출을 늘일데 대한 《지령》이 내려진다. 《지령》은 부교감신경을 따라 피부피줄에 이르러 피줄을 넓힘으로써 피부를 통하여 많은 열이 빠지게 된다.

그리고 신경임풀스가 땀선에 전달되여 땀분비를 강화하여 열방출을 촉진한다. 한편 물질대사수준도 조금 낮추어져 열생산량이 줄어든다. 이렇게 되여 높아진 체온이 정상수준에 이르게 된다.

※ 사람은 기온의 변화에 따라 옷을 알맞게 선택하거나 난방을 통하여 열방출을 조절하며 동물은 봄과 가을에 털갈이를 하고 기름을 축적하여 계절에 따르는 기온변화에 적응한다.

어떤 동물은 낮은 온도에서 몸걸면적이 작아지도록 몸을 웅크린다. 이런 현상은 사람에게서도 볼수 있다.

문 제

1. 체액의 삼투압이 어떤 물림새에 의하여 조절되는가?
2. 혈당량이 높아졌을 때 어떤 호르몬과 신경이 작용하는가?
3. 혈당량이 낮을 때 어떤 호르몬과 신경이 작용하는가?
4. 체온이 높아지면 그것이 어떤 물림새에 의하여 정상수준으로 되는가?

【실험】 여러가지 농도의 소금용액이 붉은 피알에 주는 영향을 알아보기

준비

토끼, 시험관, 피페트, 받침유리, 덮개유리, 주사기, 시험관대, 현미경(400~600×), 5% 레몬산나트리움용액, 1% NaCl용액, 2% NaCl용액, 증류수, 약솜

방법

1) 10개의 시험관에 번호를 붙이고 아래의 표와 같이 소금용액과 증류수를 넣어 소금농도가 0.1%씩 차이나도록 준비한다.

시험관번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
증류수 /mL	2.4	2.1	1.8	1.5	1.2	0.9	0.6	0.3		
1% NaCl/mL	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	2% NaCl3.0
소금농도 / %	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	2.0

2) 주사기에 얻으려는 피량의 1/4이 되도록 5% 레몬산나트리움용액을 넣고 토끼의 귀정맥에서 피를 빨아들여 가볍게 흔들어 섞는다.

3) 준비한 피를 매 시험관에 두방울씩 떨구어넣고 가볍게 흔들어 시험관대에 세운 다음 5분 지나서 시험관의 색갈에 주의를 돌리면서 관찰한다.

4) 1, 3, 5, 8, 10시험관의 피를 각각 다른 받침유리에 한방울씩 놓고 덮개유리를 덮은 다음 현미경(400~600×)으로 관찰한다.(붉은피알의 모양과 밀도에 주의를 돌리면서)

분석과 토론

○ 매 시험관의 색과 맑기에서 어떤 다른 점을 찾아볼수 있으며 다른 원인은 무엇인가?
○ 1, 3, 5, 8, 10시험관의 피를 현미경으로 관찰하면서 어떤 다른 점을 찾아볼수 있으며 붉은피알의 모양과 기능을 보장하는데 알맞는 소금농도는 얼마이겠는가?
○ 몇%의 소금농도에서 붉은피알을 찾아볼수 없는가, 이것을 통하여 무엇을 알수 있는가?

결과처리

다음의 표를 그리고 본 내용을 써넣는다.

시험관번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
색										
맑기										
붉은피알모양										
피알밀도										

제4절. 면역과 항상성

· 면역에 의하여 항상성이 어떻게 유지되는가?

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《무엇보다도 전염병을 예방하기 위한 투쟁을 강화하여야 합니다.》

위대한 령도자 **김정일**대원수님의 현명한 령도에 의하여 우리나라에는 전염병을 미리막기 위한 대책이 철저히 세워져있다.

1. 면역과 그 종류

사람은 생활과정에 세균이나 비루스 같은 병원체와 늘 접촉하고있으며 그것들의 침습을 받고있지만 반드시 병을 앓는것은 아니다. 그것은 피부나 점막이 자연《방패》의 역할을 하고 분비물이 병원체를 죽이거나 활성을 현저히 낮추기때문이다. 만약 병원체가 몸안에 들어갔다고 하더라도 흰피알과 같은 탐식세포들이 처리하기때문이다. 이러한 방어능력은 날 때부터 누구나

다 가지고있는 방어능력(선천면역 또는 타고난면역)이다.

만일 타고난 방어능력으로 병원체를 막아내지 못하면 특수한 세포들(면역담당세포)을 동원하여 병원체와 효과적으로 작용하는 특수한 물질(면역물질 혹은 항체)을 만들어 대항한다. 이러한 방어능력은 태여난 후에 얻어지는 방어능력(후천면역 혹은 획득면역)이다.

후천면역은 병을 앓거나 예방약을 받아 형성되며 후대에 유전되지 않는다.

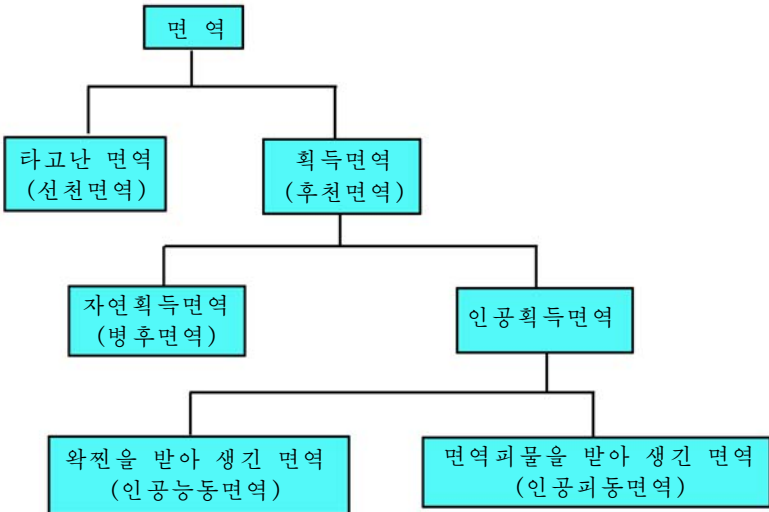
몸에 침습한 병원체와 그 독소, 자기것이 아닌 단백질을 가려보고 그것의 해로운 작용을 막아내는 능력을 **면역**이라고 부른다.

면역은 생물체의 중요한 방어능력으로서 항상성을 보장하는데서 큰 의의를 가진다.

생각하기

다음의 도식에 방어능력이 어떻게 생겨나는가를 기준으로 면역의 종류를 제시하였다.

○ 자연획득면역과 인공획득면역의 다른 점, 인공능동면역과 인공피동면역의 다른 점은 무엇인가?

- 면 역
  - 타고난 면역 (선천면역)
  - 획득면역 (후천면역)
    - 자연획득면역 (병후면역)
    - 인공획득면역
      - 왁찐을 받아 생긴 면역 (인공능동면역)
      - 면역피물을 받아 생긴 면역 (인공피동면역)

2. 면역담당세포와 항체형성

1) 면역담당세포

면역담당세포로서는 큰먹기세포(단핵구), B림파구(B세포), T림파구(T세포)가 있다.

B림파구는 뼈속에서 만들어져 피속에 들어가 성숙한 림파구이다.

B림파구는 많은 리보체와 발달된 내질망을 가지고있어 항체를 만들어내기에 알맞게 되여있다. B림파구는 기레(비장)와 림파매듭에 많으며 피속에도 있다.

B세포는 항원자극을 받으면 분화증식하여 항체를 만들어내는 형질세포로 된다.

T림파구는 가슴선을 거친 림파구인데 피속에 있으며 림파계통을 따라 흐르기도 한다.

T림파구는 항원자극을 받으면 활성화되여 어떤것은 큰먹기세포로 하여금 항원을 탐식하게 하고 다른것은 큰먹기세포가 만든 이질항원(항원정보)을 B림파구에 옮겨준다. 그리고 세포성면역을 형성하는데 참가한다.

큰먹기세포는 단핵구가 조직에 이르러 탐식능력이 높아진 세포이다.

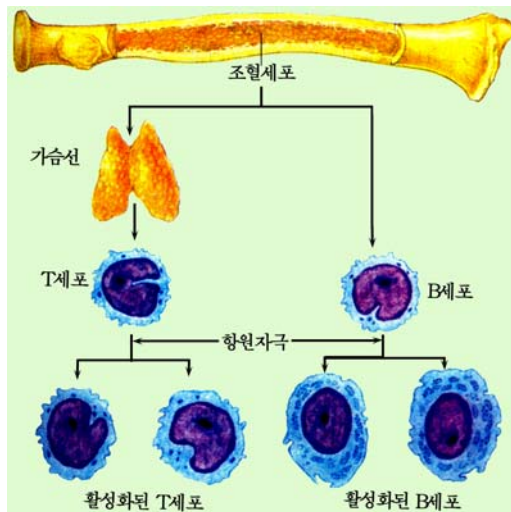



그림 2-12. B세포와 T세포의 분화

※ B세포에서 문자 B는 Bone marrow(골수)의 첫 글자를 딴것이고

T세포에서 문자 T는 Thymus(가슴선)의 첫 글자를 딴것이다.

2) 항체형성

항체는 면역담당세포들의 작용에 의하여 만들어진다.

항원이 몸안에 들어오면 큰먹기세포가 그것을 탐식하고 항원정보(이질항원)를 만든다. 항원정보는 T세포의 도움으로 B세포에로 넘어간다. 항원정보를 넘겨받은 B세포는 곧 분렬능력을 얻어 증식분화하여 나중에는 항체를 만드는 형질세포로 된다.

이 형질세포가 항원에 대응하는 항체(면역물질)를 만들어 체액에 내보낸다. 이와 같이 생긴 면역을 **체액성면역**이라고 부른다.

항체가 T림파구에서 만들어져 세포막에 놓여있는 경우도 있다. 이때에는 T림파구가 항원을 인식하고 그것과 직접 반응하여 처리한다. 이러한 경우의 면역을 **세포성면역**이라고 부른다.

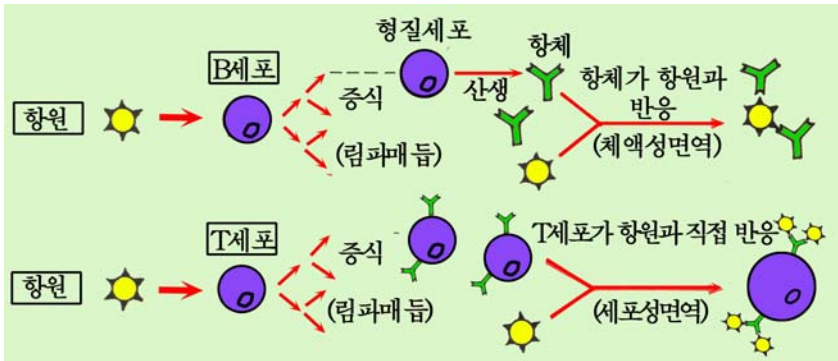



그림 2-13. 항체형성

형질세포와 T세포는 들어온 항원에 해당한 항체만 만든다.

그러므로 항원이 다르면 만들어진 항체도 다르다.

항체는 일생동안 만들어지는 경우(종신면역)도 있고 그렇지 못한 경우도 있다.

홍역, 장티브스 같은 병을 앓고나면 종신면역이 생기지만 돌림감기는 앓고나도 면역이 몇달밖에 가지 못한다. 그러므로 이러한 병은 재차 앓을수 있다.

면역형성에서 항체가 기본물질이므로 이것을 인공적으로 얻어내기 위한 연구사업이 활발히 진행되고있다. 과학자들은 항체가

만들어지는 리치에 기초하여 단클론항체(한 종류의 항체를 클론화하여 만든것)를 생물공학적방법으로 만들어내는 기술을 개발하여 실천에 리용하고있다. 단클론항체는 형질세포와 종양세포를 융합시켜 잡종세포를 얻어낸 다음 이것을 클론화하여 얻는다.

우리 나라에서는 위대한 령도자 **김정일**대원수님께서 의학과학기술을 발전시킬데 대하여 주신 말씀을 받들고 여러가지 단클론항체를 생산하여 병의 진단과 예방, 치료에 리용하고있다.

3. 항원항체반응

항원은 병원체를 이루고있는 물질을 비롯한 이종단백질이다. 당질이나 그밖의 저분자물질은 항원이 아니지만 단백질과 결합하면 항원으로 될수 있다.

항원은 몇개~수십개의 아미노산으로 이루어진 항원결정기를 가지고있다.

항체는 γ-글로불린단백질이며 분자모양은 Y자모양이다.

항체분자는 4개의 폴리펩티드사슬 즉 2개의 H사슬(무거운 사슬)과 2개의 L사슬(가벼운 사슬)로 되여있다.

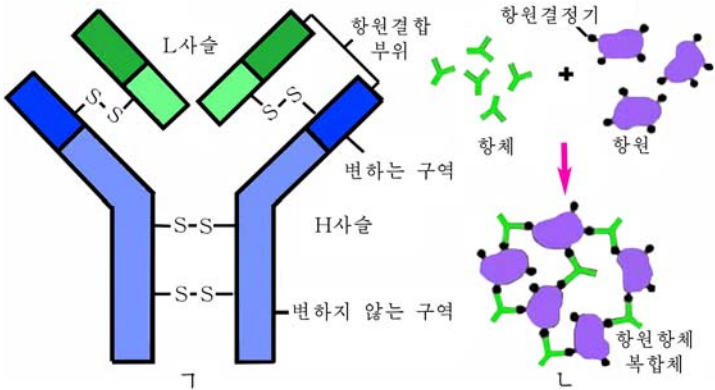



그림 2-14. 항체분자의 구조와 항원항체반응
ㄱ-항체분자의 구조, ㄴ- 항원항체반응

H사슬과 L사슬은 공통적인 아미노산배렬을 가진 변하지 않는 구역과 항체마다 아미노산배렬이 다른 변하는 구역으로 갈라져있다.

항원항체반응이 진행될 때 항체의 변하는 구역이 항원의 항원결정기와 결합한다.(항원항체복합체)

이와 같이 항원과 항체가 결합하는 반응을 **항원항체반응**이라고 부른다.

항원항체반응결과에 생긴 물질은 몸에 해를 주지 않으며 먹기세포에 의하여 처리되거나 몸밖으로 배설된다. 그리하여 사람이나 동물은 항원의 유해작용으로부터 보호된다.

항원항체반응은 특이적이다. 즉 항체는 반드시 그것이 만들어지게 한 항원과만 반응한다. 항원항체반응은 몸밖에서도 일어난다. 시험관에서 항원항체반응을 일으키면 앙금이 생기거나 침전물이 생기며 독물질이 중화된다.

이러한 특성을 리용하여 의사들은 면역이 생긴 정도를 판정하거나 어떤 항원이 들어왔는가를 알아내고 병을 진단한다.

4. 알레르기

항원항체반응은 그 대부분이 몸에 리로운것이지만 해로운 결과를 나타내는 경우도 있다. 례를 들어 어떤 음식을 먹었을 때 두드러기가 돋는다든가 항생제를 주사할 때 심한 부작용이 나타나는것과 같은것이다.

이와 같이 항원이 작용하였을 때 몸에서 나타나는 이상반응을 **알레르기**라고 부른다.

알레르기는 체질과 많이 관계되는데 이런 체질(알레르기성체질)의 사람몸에는 알레르기항체가 있다.

알레르기에 의해서 항상성이 장애되며 여러가지 질병이 생길수 있다.(류마티스, 기관지천식 등)

알레르기에는 몇시간후에 나타나는 지연형알레르기와 몇분안에 나타나는 즉시형알레르기가 있다.

즉시형알레르기에는 아나필락시라는것이 속하는데 이것은 항원을 한번 주사하여 세포성항체가 생긴 다음(감작상태) 같은 항원을 재차 주사하는 경우에 발생한다. 이때에는 급격하고 심한 불안과 호흡곤난, 체온상승과 경련, 심장장애 같은것이 나타나며 생명이 위험해진다.

아나필락시는 항상성을 파괴하고 생명을 위험에 빠뜨린다.

그러므로 이런것이 나타나지 않도록 미리 대책을 세우는것이 중요하다.

병원에서는 페니실린 같은 항생제를 주사할 때 부작용(아나필락시)이 나타나지 않도록 하기 위하여 반드시 반응상태를 미리 검사해본다.

생각하기

화상을 입었을 때 화상부위를 빨리 회복시키기 위하여 피부이식을 한다.

이때 자기 피부가 아니라 다른 사람의 피부를 이식하면 때때로 2주일정도 지나 이식한 피부가 죽어 떨어지는 경우가 있다. 이것은 이식한 피부(항원)와 이것에 의하여 생긴 항체가 반응하여 나타나는 부정적현상이다. 이것을 **거절반응**이라고 부른다.

○ 화상당한 사람의 피부를 다시 이식하면 그 피부가 붙겠는가 붙지 않겠는가, 그 원인은 무엇인가?

문 제

1. 면역에는 어떤 종류가 있는가?
2. 항체는 어떻게 만들어지는가?
3. 항원항체반응은 어떤 의의를 가지는가?

참 고

왁찐과 면역피물

1796년 영국의사 에드워드 젠너는 천연두에 대한 관찰과 실험을 거듭하는 과정에 천연두를 한번 앓고난 사람은 이 병에 다시 걸리지 않는다는것, 천연두에 걸린 젖소의 피부에 생긴 물집의 액체를 사람의 피부에 약간 상처를 내고 바르면 물집이 생기고 더뎅이가 앉지만 몸에는 크게 해롭지 않을뿐아니라 천연두에도 걸리지 않는다는것을 알아내고 천연두를 예방하는데 우두를 리용하였다. 그는 약화시킨 천연두비루스를 사람에게 접종하여 천연두면역을 형성시켰던것이다. 이와 같이 면역을 형성시킬 목적으로 병원체를 처리하여 만든 예방약이 왁찐이다.

왁찐은 인공적인 조작이 가해진 항원이다.

왁찐에는 병원체를 약화시켜 만든 생균왁찐과 병원체를 죽여 균독소를 약화시켜 만든 사균왁찐이 있다. 결핵예방왁찐, 소아마비예방왁찐은 생균왁찐이고 파라티브스예방왁찐은 사균왁찐이다.

왁찐접종후 약 2주일 지나면 면역이 성립된다.

동물에 의하여 만들어진 항체나 사람의 피에 있는 항체가 포함되도록 갈라낸 피물을 **면역피물**(면역혈청)이라고 부른다. 면역피물은 병을 예방하는데도 쓰고 치료하는데도 쓴다.

제5절. 동물의 행동

· 동물의 행동에는 어떤 류형들이 있으며 그 특성은 무엇인가?

동물은 살아가기 위하여 변하는 환경에 맞게 몸상태를 달리하거나 자리를 옮기는것과 같은 움직임을 나타낸다.

동물이 생활과정에 나타내는 움직임의 총체를 **행동**이라고 부른다.

행동에는 동물이 먹이를 찾아다니거나 나비가 향기풍기는 꽃에 날아드는것과 같이 자리를 옮기는 행동도 있고 쥐를 본 고양이가 그것을 잡기 위하여 앉은 자세를 취하는것이라든가 풍뎅이처럼 다치면 꼼짝하지 않는 자세를 취하는것과 같은 자리옮김이 없는 행동도 있다.

행동에는 복잡한 행동도 있고 단순한 행동도 있다.

원생동물을 제외한 모든 동물의 행동은 호르몬과 함께 신경계통의 복잡한 련합작용에 의하여 나타난다.

그러므로 신경계통이 발달한 동물일수록 그리고 한 개체에서도 새끼로부터 엄지로 자라면서 더 복잡하고 높은 수준의 행동을 진행한다.

동물의 행동은 크게 정해진 행동과 변하는 행동으로 나누어볼수 있다.

1. 정해진 행동

정해진 행동은 타고난 행동이며 변하지 않고 틀에 박힌듯한 행동이다.

정해진 행동에는 따름운동과 무조건반사 및 본능행동이 속한다.

1) 따름운동

자극원에 대하여 일정한 방향성을 가지고 자리를 옮기는 운동을 **따름운동**이라고 부른다. 따름운동은 생물이 운동하는 방향에 따라 정(+), 부(-)따름운동으로 갈라본다. 나비와 곤충이 밤에 불빛이 있는 곳에 모여드는것, 파리가 암모니아냄새가 나는 곳으로 모여드는것은 **정따름운동**(양성따름운동)이고 지렁이가 빛자극을 피하며 어두운 곳으로 가는것은 **부따름운동**(음성따름운동)이다.

따름운동을 자극의 종류에 따라 빛따름운동, 흐름따름운동, 화학따름운동, 열따름운동 등 여러가지로 갈라본다.

생각하기

동물의 따름운동을 옳게 리용하면 사람들의 생활에서 적지 않은 도움을 받을수 있다.
- ◦사람들이 리용하는 정따름운동의 실례를 들어보아라.
- ◦사람들이 리용하는 부따름운동의 실례를 들어보아라.

2) 무조건반사와 본능행동

무조건반사

젖먹이동물의 새끼가 태여나자마자 어미의 젖꼭지를 물고 젖을 빠는것이라든가 눈에 먼지가 들어가면 생각할 사이도 없이 눈을 감는것 등은 생명보존을 위하여 진행되는 비교적 단순하고 뜻과 관계없이 진행되는 무조건반사이다.

무조건반사는 그 어떤 예비적인 조작이 없이 진행되며 유전적으로 신경계통에 공고히 새겨진 반사로서 후대에 유전된다. 그러므로 이 반사를 **선천적반사**라고도 부른다.

무조건반사는 일정한 자극에 대하여 언제나 고정된 현상의 응답으로 나타난다. 입안에 음식물이 들어오면 침을 분비한다든가 손등에 불꽃이 닿으면 손을 치우는것이 그 실례이다.

무조건반사는 날 때부터 갖추어져있는 일정한 반사길을 거쳐 나타나며 일생동안 변화되지 않는다.

무조건반사는 생명을 유지보호하는데서 중요한 의의를 가진다.

본능행동

새들은 때가 되면 둥지를 틀고 알을 낳아 깨우며 거미새끼는 《본것》도 《배운것》도 없지만 엄지거미처럼 거미줄을 치고 벌레를 잡아먹는다. 이와 같이 배우지 않고도 하는 복잡한 행동을 **본능행동**이라고 부른다.

본능행동의 기초에는 무조건반사가 놓여있다. 본능행동때에는 무조건반사(부분행동)들이 련이어 맞물려져 나타난다. 여기에서 앞선 반사는 다음반사의 신호로 된다. 그러므로 어떤 자극에 의하여 행동이 시작되면 정해진 순서에 따라 부분행동들이 차례로 마지막까지 진행된다. 례를 들어 둥지를 틀려고 나무가

지를 물고 가던 새는 도중에 그것을 떨어뜨려도 되돌아서지 않고 둥지까지 날아가 둥지트는 시늉을 하고서야 다시 날아간다.

따라서 본능행동을 무조건반사들의 련쇄라고도 말한다.

본능행동은 날 때부터 마련되여있는 정해진 신경반사길을 따라 신경임풀스가 전달되여 나타나므로 틀에 박힌 행동, 공고하고 다음대에 유전되는 행동이다.

고등동물의 본능행동은 신경계통과 함께 시구하부의 통제를 받는 호르몬의 영향을 받아 진행된다.

본능행동에는 먹기본능행동, 방어본능행동, 무리본능행동, 성본능행동 등이 있다.

본능행동도 개체의 생명을 유지하고 종을 보존하는데서 큰 의의를 가진다.

2. 변하는 행동

변하는 행동은 동물이 살아가는 과정에 생겨나며 조건에 따라 쉽게 달라진다.

변하는 행동에는 조건반사와 길들기, 《지능》행동 등이 있다.

조건반사

개의 입안에 먹이가 들어가면 곧 침을 흘린다.(무조건반사)

그런데 종을 울리고 먹이를 주어 버릇하면 종만 울려도 침을 흘린다.

이와 같이 조건자극(종소리)에 무조건자극(먹이)을 몇번 결합시켜줌으로써 조건자극만 주어도 무조건자극을 줄 때와 같은 효과를 나타내는 반사가 조건반사이다.

조건반사는 서로 다른 반사길들이 일시적으로 새롭게 이어져서 형성된다.

조건반사를 형성시키려면 조건자극을 무조건자극보다 시간적으로 약간 앞세우던가 일치시켜 결합시켜 주는 작업을 몇번 거듭하여야 한다.

조건반사는 살아가는 과정에 자극들이 반복 결합되여 작용

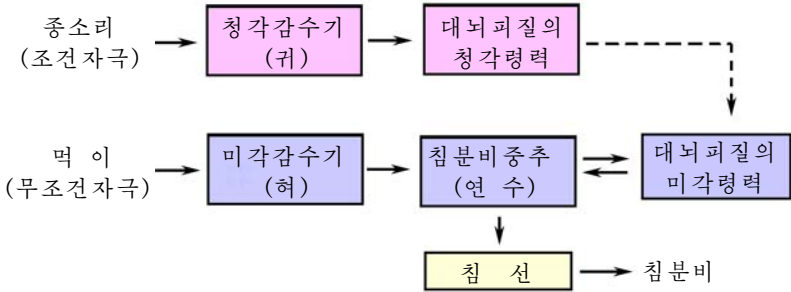
생각하기

○ 95페지의 도식을 보고 무조건반사와 조건반사가 나타나는 신경회로를 생각해보아라.

하는 과정에 형성되기때문에 무조건반사와는 달리 경험한 일만큼 수많이 생길수 있다. 그러므로 조건반사에 토대한 행동은 환경에 대한 동물의 적응능력을 훨씬 높여준다.

종소리 (조건자극) → 청각감수기 (귀) → 대뇌피질의 청각령력

먹 이 (무조건자극) → 미각감수기 (혀) → 침분비중추 (연 수) ⇄ 대뇌피질의 미각령력

침 선 → 침분비

동물에서 조건반사는 인공적인 훈련에 의하여 형성시킬수 있으므로 이 원리를 집짐승기르기에 적용하면 사양관리를 보다 효과적으로 할수 있다.

조건반사는 동물에 따라 다양하게 나타나며 형성속도도 다르다.

일반적으로 뇌수가 발달한 동물일수록 더 빨리, 더 많이 형성된다.

길들기

자연상태의 동물들은 사람이 가까이 가면 놀라서 달아나지만 목장의 동물은 관리공이 나타나면 오히려 모여든다. 이것은 먹이를 늘 받아먹거나 사양공과 함께 생활하는 과정에 생긴 집짐승의 새로운 행동이다.

동물이 《생활경험》에 의하여 새로운 행동을 하게 되는것을 **길들기**라고 부른다.

길들기는 조건반사에 토대하여 나타난다. 즉 어떤 행동을 여러번 거듭하는 과정에 목적이 달성되면 《기억》흔적을 오래동안 남기고 그렇지 못한것은 차츰 사라지는 결과에 형성된다.

길들이기는 흔히 상과 벌주기를 통하여 달성한다. 즉 목적하는 행동이 실현되면 먹이를 주든가 안정을 보장하고 그렇지 못할 때에는 벌을 주는 방법으로 달성한다.

길들기의 원리를 잘 리용하면 목적하는 동물들을 빨리 길들일수 있고 동물에게 사람이 목적하는 새로운 동작을 시행시킬수 있다.(례: 동물교예)

《지능》행동

뇌수가 발달한 동물에서는 사는 과정에 체험한《경험》에 의

하여 여러가지 정보를 《종합분석》하고 앞을 내다보는것과 같은 비교적 복잡한 행동을 한다. 이것이 《지능》행동이다.

동물의 《지능》행동은 고등한 젖먹이류에서만 볼수 있는 매우 발전된 행동이며 대뇌피질이 발달한 동물일수록 더 정확하게 그리고 빨리 나타난다.

례를 들어 검은성성이는 천정에 매달아놓은 먹이를 상자를 놓고 그우에 올라가 막대기를 써서 내리우는 행동을 한다. 이러한《지능》행동은 대뇌피질이 발달한 원숭이에게서만 볼수 있다.

문 제

1. 무조건반사와 본능의 같은 점과 다른 점은 무엇인가?
2. 길들기는 어떤 행동에 속하며 무엇에 토대하여 형성되는가?

참 고

조건반사의 종류

조건반사를 여러가지 표징에 따라 나누고있다.

○ 조건반사형성에 참가하는 감수기의 종류에 따라 바깥감수기성조건반사, 속감수기성조건반사, 고유감수기성조건반사로 나눈다.

○ 조건반사가 무엇에 기초하여 이루어지는가에 따라 나눌수 있다.

무조건반사에 기초하여 이루어지는 경우 1차조건반사, 1차조건반사에 기초하여 이루어지는 경우 2차조건반사, 2차조건반사에 기초하여 이루어지는 경우 3차조건반사 등으로 나눈다.

3차조건반사로부터 11차조건반사까지를 고차조건반사라고 부른다.

대뇌피질이 발달한 개체일수록 높은 급의 조건반사를 형성시킬수 있다.

○ 조건반사는 그 생물학적의의에 따라 방어조건반사, 먹이조건반사 등으로 나눈다.

○ 조건반사는 조건자극의 성격에 따라 자연조건반사와 인공조건반사로 나눈다.

자연조건반사는 냄새, 빛과 같은 자연적속성이 조건자극으로 되여 이루어지지만 인공조건반사는 전등불, 종소리와 같은 인위적인 자극이 조건자극으로 되여 이루어진다.

제3장. 생물의 생태

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《환경보호사업은 조국산천을 더욱 아름답게 만들며 사람들의 건강을 보호증진시키고 그들에게 보다 문명한 생활조건을 마련해주기 위한 중요하고도 책임적인 사업입니다.》

모든 생물은 일정한 환경속에서 서로 영향을 주고받으며 살아간다.

생물은 바깥환경과 밀접한 관계를 맺지 않고서는 살아갈수도 없고 생명체를 유지할수도 없다.

생물이 환경과 물질 및 에네르기를 주고받으면서 일정한 관계를 맺고 살아가는 모습을 **생태**라고 부른다.

생물의 생태를 잘 학습하는것은 농업, 축산업, 수산업, 생물자원보호 등 인민경제의 여러 부문에서 나서는 실천적문제들을 해결하고 조국강산을 더욱 아름다운 사회주의선경으로 만드는데서 중요한 의의를 가진다.

제1절. 생물과 환경

· 생물과 환경사이에는 서로 어떤 관계가 있는가?

생물은 환경으로부터 영향을 받을뿐아니라 환경에 영향을 주어 그것을 변화시키기도 한다.

1. 생물권과 환경요인

지구우에서 생물이 사는 공간을 **생물권**이라고 부른다.

생물은 땅걸면을 기본으로 하고 하늘과 땅속, 물속에 퍼져살고있다.

생물이 살고있는 생물권의 웃한계는 해발 10km까지이며 아래한계는 바다밑 11km, 땅속 3km까지이다.

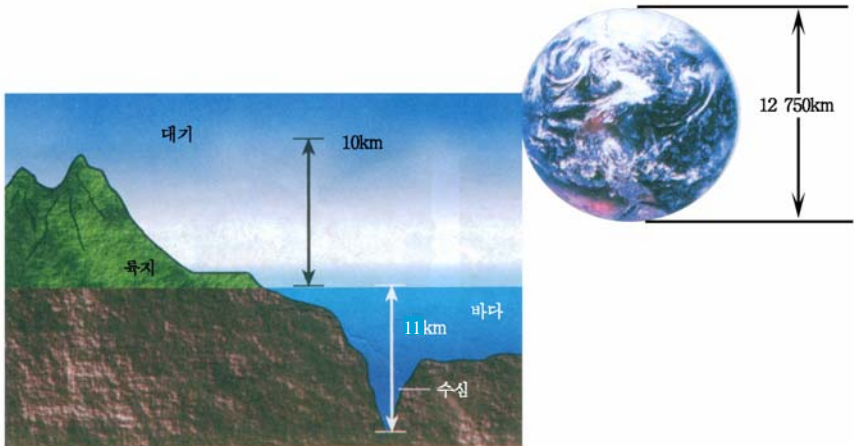



그림 3-1. 생물권의 범위

생물권이라고 하여도 생물이 고르롭게 퍼져 살지는 않는다. 그것은 생물권에서 생물의 생활환경이 지역에 따라 다르며 매개의 생물종들이 일정한 환경조건에서만 살수 있기때문이다.

생물의 생활에 영향을 주는 바깥조건의 총체를 **환경**(또는 자연환경)이라고 부르며 그것을 이루는 매개 요소들을 **환경요인**이라고 부른다.

환경요인을 크게 무생물요인과 생물요인으로 갈라본다.

- 환경요인
  - 무생물요인
    - 기후요인 — 물, 공기, 빛, 온도 등
    - 토양요인 — 토양의 기계적 및 화학적조성
    - 지형요인 — 해발높이, 경사도
  - 생물요인 — 식물, 동물, 균류, 세균, 비루스

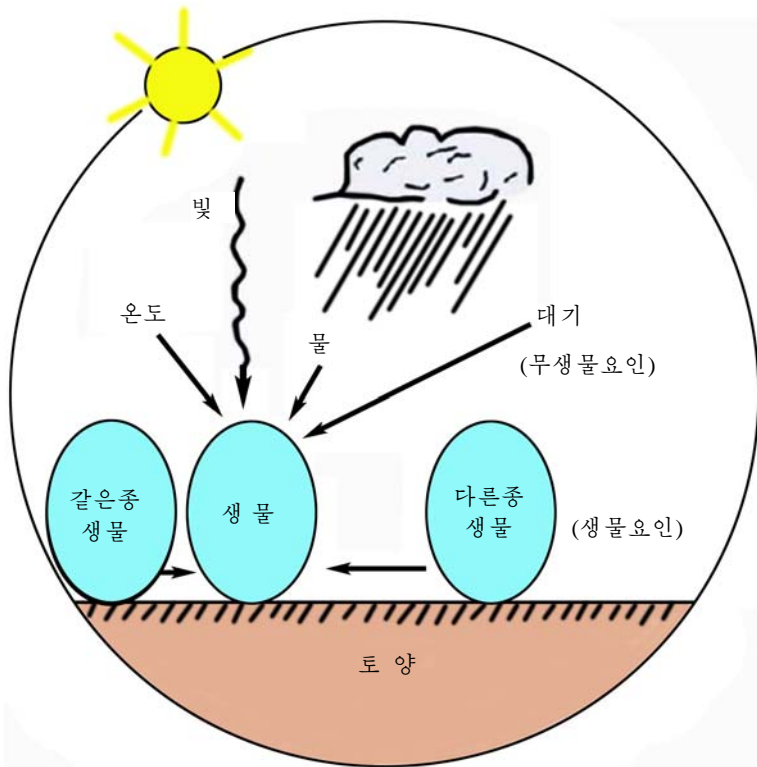
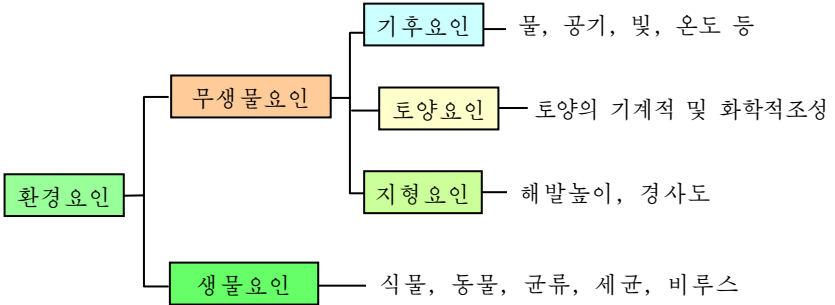



그림 3-2. 환경과 환경요인

환경요인들이 생물의 생활에 미치는 영향은 같지 않으며 그의 작용방식도 다르다.

2. 생물에 주는 환경요인의 영향

물

물은 생물의 생활에서 없어서는 안될 중요한 환경요인의 하나이다.

물은 생물의 몸구성물질로 된다. 살아있는 생물체에는 보통 80%이상으로 물이 들어있다.

물은 생물체안에서 진행되는 여러가지 생리생화학적과정에 영향을 주며 체적과 견고성을 보장한다.

물은 또한 생물의 체온조절에도 영향을 준다.

생각하기

○ 동물과 식물이 체온을 어떻게 조절하는지 생각해보아라.

물에 대한 요구성은 생물의 종에 따라, 자라는 단계에 따라 다르다.

생물은 가장 알맞는 물조건이 보장될 때 잘 자란다.

그러므로 농작물을 가꾸거나 집짐승을 기를 때 그 생물이 요구하는 물조건을 원만히 보장해주어야 생산성을 높일수 있다.

온도

생물은 알맞는 온도범위에서만 정상적으로 살아갈수 있다.

그러므로 생물의 생산성과 분포는 온도의 영향을 크게 받는다.

생물의 알맞는 온도는 생물종에 따라 다르며 같은 생물에서도 생육단계에 따라 다르다.

일반적으로 많은 생물이 살수 있는 온도구간은 0℃부터 50℃까지이다.

칠색송어는 물온도가 13~18℃, 붕어는 20~25℃에서 활발하게 활동한다.

강냉이는 한창 자랄 때에는 20~25℃를 요구하지만 꽃필 때에는 23~25℃, 여무는 때에는 22~23℃를 요구한다.

알맞는 온도조건이 보장되지 못하면 농작물을 가꾸거나 집짐승, 물고기를 기르는데서 일정한 지장을 받게 된다. 그러므로 해당 생물이 요구하는 온도조건을 잘 보장하는것은 생산성을 높이기 위한 중요한 방도의 하나로 된다.

빛

빛은 생물이 살아가는데 큰 영향을 준다. 특히 빛에네르기는 모든 생물의 생활에서 에네르기의 기본원천으로 된다.

빛은 빛세기와 빛비침시간으로 생물체에 영향을 준다.

식물에서는 빛비침시간이 긴가 짧은가에 따라 꽃피기가 유도되거나 억제된다.

동물에서는 빛비침시간의 변화에 따라 털갈이, 허물벗기, 이동, 잠자기 등의 현상이 주기적으로 나타난다.

빛은 생물의 지리적분포에도 영향을 준다.

밤에만 활동하는 젖먹이류나 새류가 적도지방에 더 많은것은 그 지방의 밤이 북방의 여름밤보다 길기때문이다.

식물은 양지에서 잘 자라는가 음지에서 잘 자라는가에 따라 양지식물과 음지식물로 가르기도 한다.

생각하기

○ 닭은 여름에 거의 매일 알을 낳지만 겨울에는 잘 낳지 못한다. 그 원인은 무엇이며 겨울에도 알을 잘 낳게 하자면 어떻게 해야 하는가?
○ 양지식물과 음지식물에는 어떤것들이 있는가?

공기

공기는 생물의 숨쉬기와 여러가지 생리적과정에서 필수적인 요인으로 된다.

공기는 화학적조성과 바람과 같은 물리적작용을 통하여 생물의 생활에 영향을 준다.

※ 공기는 질소 78.1%, 산소 20.9%, 아르곤 0.9%, 탄산가스 0.03%, 네온, 크립톤 등 드문기체와 약간의 수소, 오존으로 되여있다.

공기속에 산소가 부족하면 동식물은 숨쉬기를 비롯한 여러 대사활동에서 지장을 받는다.

바람은 식물의 꽃가루를 날라다주어 수정을 시키거나 씨앗을 퍼뜨리는 역할을 한다.

또한 일정한 지역의 상대습도와 기온을 변화시킨다. 센 바람은 나무나 농작물을 넘어뜨리거나 열매를 떨구어 농업과 과수업에 큰 피해를 준다.

토양

많은 생물들의 생활은 토양과 밀접히 련관되여있다.

대부분의 식물은 직접 토양속에 뿌리를 박고 그로부터 물과 무기영양물질을 빨아들여 살아간다. 많은 동물들도 땅우에서 살면서 먹이를 얻고 후대도 남긴다.

토양은 생물의 자라기와 번식에 큰 영향을 준다.

토양속에 물기와 질소, 린을 비롯한 무기영양성분이 알맞춤히 포함되여있으면 식물은 잘 자라서 많은 종자와 열매를 맺는다.

그러나 토양속에 Na_2CO_3이 0.005%만 들어있어도 식물은 죽으며 소금기가 많은 간석지토양에서는 나문재, 갯능쟁이와 같은 짠살이식물밖에는 살지 못한다.

토양용액의 pH도 생물의 생활에 영향을 준다.

산성토양에서는 식물이 제대로 자라지 못하며 미생물도 잘 살지 못한다.

농작물재배에서 높은 소출을 내기 위하여서는 유기질비료를 많이 내는것과 함께 흙깔이를 하여 농작물에 필요한 여러가지 무기원소들을 충분히 보장해주어야 한다.

생각하기

○ 산성토양에서 식물과 미생물이 잘 살지 못하는것은 무엇때문인가?
○ 산성토양을 개량하자면 어떻게 해야 하는가?

3. 무기환경에 주는 생물의 영향

생물은 무기환경의 영향을 받기만 하는것이 아니라 반대로 무기환경에 영향을 주기도 한다.

생물은 토양형성에 영향을 준다.

동물과 식물은 죽으면 썩어서 토양성분으로 된다. 토양속의 미생물은 동물이나 식물의 죽은 잔해나 배설물을 분해하여 부식질을 만들어 토양조성을 좋게 한다. 지의류나 땅밥, 이끼들은 바위에 붙어살면서 그것을 풍화시켜 토양을 형성한다. 땅걸면이 식물로 덮인 숲지역에서는 비물에 의해 토양이 잘 씻겨내려가지 않는다.

생물은 공기조성에도 영향을 준다.

식물은 빛합성과정에 대기중의 CO_2을 흡수하고 O_2을 내보내며 동물은 숨쉬기과정에 대기에서 O_2을 받아들이고 CO_2을 내보낸다.

식물은 공기중의 먼지를 정화하여 공기를 맑게 할뿐아니라 소

음도 막아준다.

생물은 물환경에도 영향을 준다.

물살이생물은 죽으면 가라앉아 바닥질의 상태를 변화시킨다.

물살이생물은 물속의 산소량과 물의 맑음도에 영향을 준다.

자료분석

숲속과 빈땅에서 공기온도의 하루변화

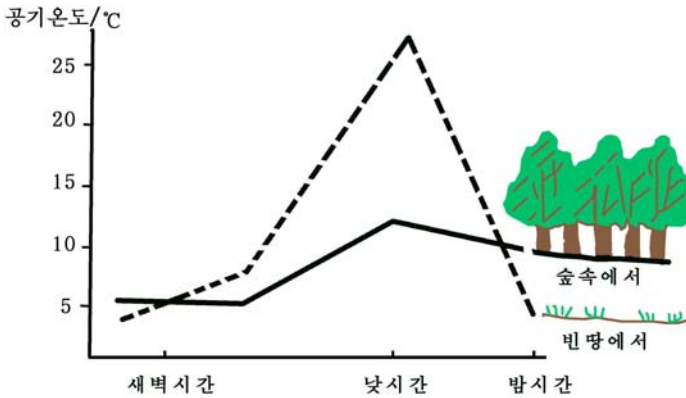



그림 3-3. 숲속과 빈땅에서 공기온도의 하루변화

- 숲속과 빈땅에서 공기온도의 하루변화는 어떻게 나타나며 그 원인은 무엇인가?
- 빈땅에서는 덥고 무덥지만 숲속에 들어가면 시원한감을 느끼게 된다. 그 원인은 무엇인가?

생각하기

- 나무를 많이 심은 산림이나 잔디로 덮인 토양은 비물에 잘 씻겨내려가지 않는다. 그 원인은 무엇인가?

문 제

1. 농업생산에서 소출을 높이자면 적지적작, 적기적작의 원칙을 지켜야 한다. 그 근거를 설명하여라.
2. 도시에 나무를 많이 심는것은 어떤 의의가 있는가?
3. 논밭에 유기질비료를 많이 내면 왜 좋은가?

참 고

사막화와 황사현상

사막이란 식물이 자라지 못하거나 거의 없는 황막한 모래땅을 말한다.

여기서는 기온이 높고 낮과 밤의 기온차이가 심하며 년평균강수량이 20mm이하로서 매우 적다. 열대와 아열대, 온대의 메마른 기후지대에 분포되여있다. 사막기후의 특징은 비가 매우 적게 내리고 물기날기가 심하며 일반적으로 센 바람이 불어 모래폭풍을 일으키는것이다.

사막주변의 건조지역이 사막으로 변하는 현상을 **사막화**라고 부른다.

사막화는 지구온난화에 의한 강수량의 감소, 기온의 상승, 모래폭풍을 비롯한 자연적요인과 사람에 의한 산림의 란벌과 물자원의 랑비, 토지자원의 파괴에 의하여 일어난다. 지금 세계적으로 륙지면적의 35%에 해당되는 땅이 사막화되여가고있다.

황사현상은 고비사막과 몽골 알라이산줄기의 동쪽, 중국의 북서부와 몽골의 건조한 지역에서 센 바람에 의하여 누런 먼지가 날려 이동하는 현상이다.

황사먼지에는 Si, Al, Ni, Ca, Mg, Pb, Cd 등 20여종의 물질과 각종 세균, 비루스가 포함되여있기때문에 사람들의 건강에 나쁜 영향을 준다.

제2절. 생물들사이의 관계

· 개체무리안에서 개체들사이에는 어떤 관계가 있는가?
· 생물무리모임에서 생물종들사이에는 어떤 관계가 있는가?

같은 종에 속하는 생물들은 거의나 비슷한 생활조건을 요구한다.

같은 종의 생물개체들은 서로 떨어져 혼자 사는것이 아니라 일정한 구역에서 무리를 지어산다.

실례로 산에 가면 고사리밭이나 고비밭을 볼수 있는데 그것들은 일정한 구역에서 서로 영향을 주고받으면서 산다.

이와 같이 일정한 구역에서 서로 영향을 주고받으면서 사는 같은 종 개체들의 모임을 **개체무리**(개체군)라고 부른다.

개체무리를 이루는 개체수는 생물종에 따라 다른데 일반적으로 작은 개체일수록 많은 개체들로 무리를 이룬다.

1. 개체무리안에서 개체들사이의 관계

경쟁관계

개체무리안에서 개체들사이에는 영양물질, 빛, 물과 같은 생활조건을 더 차지하기 위한 경쟁을 한다.

생활에 필요한 조건들이 모든 개체들에게 충분히 보장되면 경쟁이 일어나지 않지만 어느 한가지 조건이라도 부족되는 경우에는 경쟁이 벌어진다.

경쟁에서 진 개체는 필요한 생활조건을 얻지 못하여 제대로 살아가지 못하며 심한 경우에는 죽게 된다.

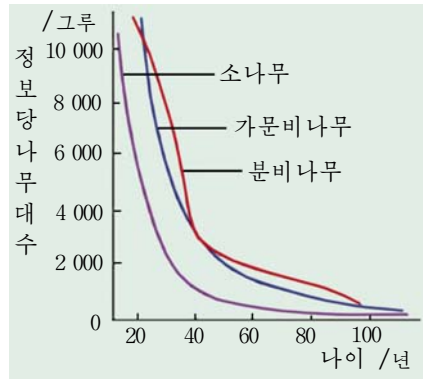



그림 3-4. 바늘잎나무가 자라면서 성글어지는 정도

생각하기

○ 숲을 이룬 소나무들이 홀로 자라는 소나무보다 크고 밋밋한것은 무엇때문인가?

동물무리에서 개체들사이의 경쟁관계는 식물무리에서와는 달리 보다 복잡하다.

동물들가운데서 어떤 개체는 일정한 구역을 차지하고 그 구역안에 다른 종 개체들은 물론 같은 종의 개체라도 들어오지 못하게 하는것이 있다.

실례로 까치는 둥지를 중심으로 일정한 구역안에 다른 개체들이 들어오지 못하게 한다.

이와 같이 동물들이 일정한 구역안에 자기의 세력권을 형성하는 현상을 **세력권제**(터차지)라고 부른다.

세력권제는 더 좋은 생활환경을 마련하기 위한 동물들의 활동의 결과이다.

은어는 빨리 헤엄치는것이 먹이가 많은 강의 여울목을 1m^2정도 먼저 차지하고 꿩매는 빨리 나는것이 둥지로부터 반경 4~6km범위내에 세력권을 형성한다.

같은 종의 개체들이 무리를 이루고 사는 경우에도 개체들사이에는 더 유리한 생활조건을 차지하기 위하여 힘이 세고 약한 정도에 따라 차례가 정해진다.

이러한 현상을 **차례제**(순위제)라고 부른다.

갓낳은 한배의 새끼돼지들은 젖이 잘 나오는 젖꼭지를 차지하려고 여러번 싸운다. 싸움에서 이긴 순서대로 젖이 잘 나오는 젖꼭지를 차지하며 이 현상은 젖먹는 기간에 계속된다.

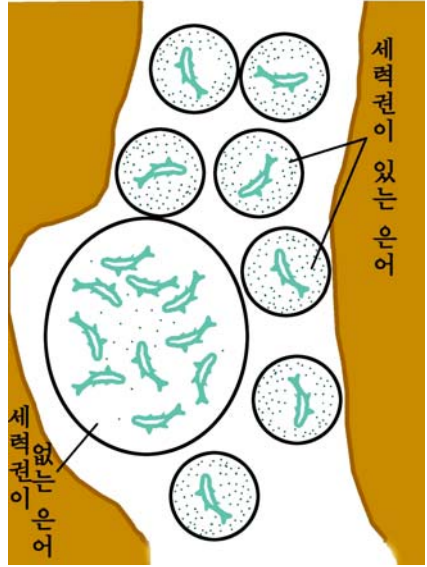



그림 3-5. 은어의 세력권

협동관계

개체무리를 이룬 개체들사이에는 서로 협력하여 더 좋은 생활조건을 마련하면서 살아가는 협동관계도 있다.

가마우지가 서로 힘을 합쳐 물고기를 잡아먹는것, 추운 밤에 병아리들이 한곳에 모여 잠으로써 따뜻한 기후를 마련하는것 등을 실례로 들수 있다.

동물가운데는 꿀벌과 개미 같이 개체들이 협동하여 살아가기 위하여 서로 다른 일을 맡아할수 있게 분화된것도 있다.

해보기

꼭같은 크기의 두개의 화분에 같은 량의 배추씨를 심고 싹터 나온 후 한개의 화분에서는 씨솎음을 하고 다른 한 화분은 그대로 두고 자라는 상태를 관찰하면서 협동관계와 경쟁관계를 밝혀내여라.

2. 생물무리모임에서 생물종들사이의 관계

자연계에는 보통 여러종의 생물들이 각각 개체무리를 이루고 산다.

소나무숲에서는 소나무뿐만아니라 진달래나무, 싸리나무, 그늘사초, 송충, 뻐꾸기, 메새 등 여러종의 생물들이 제각기 개체무리를 이룬다.

참나무,
신갈나무,
피나무

단풍나무

싸리나무,
철쭉나무

거북꼬리풀

그늘사초

이끼류

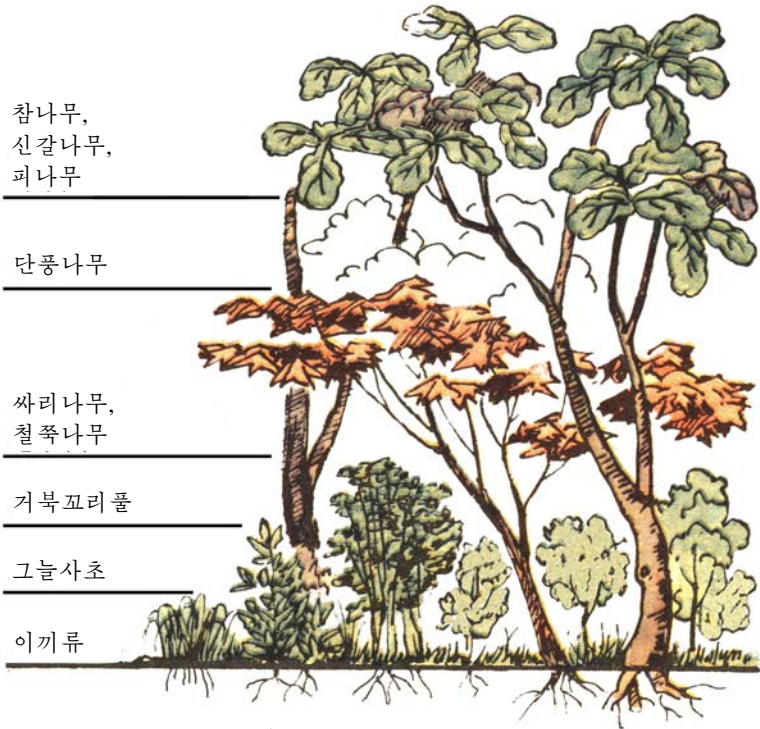



그림 3-6. 참나무숲에 이루어진 식물층

생각하기

그림 3-6을 보면서 생각해보아라.

○ 참나무숲은 몇개의 층으로 이루어졌는가?
○ 참나무숲의 제일 웃층에는 어떤 특징을 가진 식물들이 살겠는가?
○ 참나무숲의 제일 아래층에는 어떤 특징을 가진 식물들이 살겠는가?

이런 곳에서는 같은 종의 생물들사이에는 물론 다른 종의 개체들사이에도 일정한 련계가 맺어진다.

이와 같이 일정한 지역에서 서로 영향을 주고받으면서 함께 살고있는 여러종의 개체무리전체를 **생물무리모임**(생물군집)이라고 부른다.

생물무리모임의 크기는 일정하지 않다. 실례로 큰 호수의 생물전체를 생물무리모임으로 볼수도 있고 작은 물웅뎅이의 생물전체를 생물무리모임으로 볼수도 있다.

생물무리모임은 식물무리모임, 동물무리모임, 미생물무리모임으로 나눈다.

생물무리모임안에서는 배치상 여러개의 층이 생긴다. 즉 층계성이 나타난다.

층계성은 식물무리모임에서 더욱 명백하게 나타난다.

실례로 참나무숲의 제일 우에는 신갈나무, 참나무, 피나무와 같은 키큰 식물들이 층을 이루고 아래로 내려가면서 키가 작은 단풍나무, 싸리나무, 철쭉나무, 거북꼬리풀, 그늘사초 등의 차례로 층을 이루다가 제일 아래에 이끼층이 있게 된다.

층계성은 동물무리모임에서도 나타난다.

키나무층에서는 꾀꼬리, 딱따구리, 청서 등이 살고 떨기나무층에서는 휘파람새, 메새 등이 살며 땅겉면에서는 여러가지 젖먹이류와 뱀 등이 살고 땅속에서는 두더지, 들쥐, 지렁이 등이 산다.

생물무리모임을 이루는 생물종들사이에는 여러가지 관계들이 맺어진다.

먹고먹히우는 관계

풀을 먹는 토끼는 족제비한테 먹히우고 족제비는 승냥이한테 먹히우며 승냥이는 그보다 센 범한테 먹히운다.

이처럼 잡아먹는 생물과 먹히우는 생물은 서로 련관되여있는데 그것들을 차례로 련결해놓으면 사슬처럼 된다. 이것을 **먹이사슬**이라고 부른다.

흔히 한종의 생물은 다른 한종의 생물만 먹고 사는것이 아니라 여러종의 생물을 먹고 산다.

실례로 살모사는 들쥐뿐아니라 개구리와 메새도 잡아먹는다.

한편 한종의 생물은 다른 한종의 생물에게만 먹히우는것이 아니라 여러종의 생물에게 먹히운다. 실례로 개구리는 뱀, 족제비, 가물치에게 먹히운다. 이와 같이 생물종들사이에는 먹고먹히우는 관계가 그물모양으로 얽히는데 이것을 **먹이그물**이라고 부른다.

모든 먹이사슬의 맨 첫 위치에는 언제나 생산생물인 식물이 놓인다.

생각하기

○ 먹이사슬의 맨 첫 위치에 풀색식물이 놓이는 원인은 무엇인가?

자료분석

개체수피라미드

먹이사슬에서 생산생물로부터 1차, 2차, 3차소비생물로 가면서 개체수를 차례로 놓으면 개체수피라미드가 얻어진다.

그림 3-7. 개체수피라미드

○ 먹이사슬은 몇단계로 되여있는가?

○ 먹히우는 생물의 개체수에 비하여 먹는 생물의 개체수가 어떻게 달라지며 그 원인은 무엇인가?

소비생물가운데서 직접 식물을 먹고 사는 생물을 **1차소비생물**이라고 부르며 1차소비생물을 먹고 사는 생물을 **2차소비생물**, 2차소비생물을 먹고 사는 생물을 **3차소비생물**이라고 부른다.

자연계에서 먹이사슬은 보통 4~6개 고리로 이루어진다.

그러면 왜 먹이사슬이 끝없이 길어지지 않는가.

먹이사슬의 한 고리로부터 다음 고리로 넘어갈 때마다 에네르기는 90%씩 없어진다.

즉 풀색식물에 있던 에네르기는 10%만이 1차소비생물에로 넘어가며 1차소비생물에 있던 에네르기의 10%만이 2차소비생물에로 넘어간다.

이와 같이 먹이사슬의 다음 고리로 넘어갈 때마다 에네르기가 점차 적어지기때문에 먹이사슬은 끝없이 길어지지 못한다.

기생관계

생물들가운데는 다른 생물의 몸에서 영양물질을 빨아먹으면서 사는것들이 있다.

모기의 암컷은 사람이나 동물의 몸에서 피를 빨아먹고 살며 수컷은 식물의 즙액을 빨아먹고 산다.

이처럼 한 생물이 살아있는 다른 생물의 몸에서 영양물질을 빨아먹고 사는것을 **기생**이라고 부른다. 여기서 영양물질을 빨리우는 생물은 **숙주**이고 영양물질을 빨아먹고 사는 생물은 **기생생물**(기생자)이다.

일반적으로 기생생물의 몸은 퇴화되여 단순하다. 크기도 숙주에 비해 작으며 소화기관도 퇴화되여 숙주의 몸에서 상당히 가공된 영양물질을 빨아먹으며 산다.

기생생물은 생식기관이 발달되여 많은 후대를 남긴다. 실례로 요충의 암컷 한마리는 하루밤사이에 1만개정도의 알을 낳는다.

기생생물은 사람들의 생활에 많은 해를 주지만 기생벌이나 기생파리와 같이 송충 같은 나쁜 벌레에 기생하여 죽이는것도 있다.

공생관계

바다가에 가면 바위꽃을 등에 지고 다니는 게골뱅이를 볼수 있다.

게골뱅이는 바위꽃의 보호를 받고 바위꽃은 게골뱅이의 도움으

로 이동한다.

고래의 몸에는 따깨비가 붙어서 사는데 이 조개는 고래의 도움으로 이동하지만 고래는 따깨비로부터 아무런 리익이나 피해도 받지 않는다.

이와 같이 서로 다른 종의 생물들이 서로 리익을 얻거나 한 생물은 리익을 얻고 다른 생물은 아무런 리익이나 피해도 받지 않으면서 함께 사는것을 **공생**(함께살이)이라고 부른다.

게골뱅이와 바위꽃처럼 함께 사는 두 생물이 서로 리익을 얻는 공생을 **공리공생**이라고 부르며 두 생물종에서 한 생물은 리익을 얻지만 다른 생물은 아무런 리익이나 피해도 받지 않는 공생을 **편리공생**이라고 부른다.

생각하기

콩과 콩뿌리혹균은 서로 리익을 얻으면서 살아가는 공리공생관계에 있다.

○콩과 콩뿌리혹균은 어떻게 서로 리익을 얻으면서 살아가는가?

이와 같이 생물무리모임안에서 생물들사이의 관계는 복잡하다.

그러므로 리로운 동식물을 보호증식시키고 해로운 동식물을 없애자면 생물무리모임안에서의 생물들사이의 관계를 잘 알고 그것을 옳게 리용하여야 한다.

문 제

1. 학교주변의 산과 들에서 사는 생물들에서 먹이사슬을 3가지이상 찾고 도식으로 그려라.
2. 먹고먹히우는 관계와 기생관계에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?
3. 개구리를 보호증식시키자면 어떻게 해야 하는가?

참 고

천적동물

다른 동물을 잡아먹거나 그에 기생하여 그 동물을 죽게 하는 자연계의 동물을 **천적동물**이라고 부른다.

자연계에서 생물들사이에는 먹이사슬에 의하여 먹고먹히우는 관계가 맺어진다. 여기서 먹히우는 동물에 대하여 먹는 동물은 천적으로 된다.

7점벌레, 꽃등에, 거미, 개구리 등과 고치벌, 알기생벌, 선충 등 기생동물은 해충의 천적이다.

농작물과 산림에 해를 주는 해충을 없애기 위하여서는 화학농약대신에 천적동물을 많이 리용하여야 한다.

대부분의 화학농약은 사람과 동물에 직접 또는 간접적으로 해로운 작용을 하며 대기환경을 오염시킨다.

그리고 화학농약을 사용하면 사람에게 흡수되는 량이 적다해도 사람의 몸에 오랜 기간 축적되면 여러가지 병적증상을 나타낸다.

천적관계를 잘 리용하면 자연과 사람에게 피해를 주지 않으면서 해로운 동물을 없애고 리로운 동물들을 보호증식시킬수 있다. 그러므로 천적동물들을 찾아내여 많이 퍼뜨려야 한다.

개체무리의 S자성장곡선

모든 생물은 후대를 끊임없이 늘일수 있는 능력을 가지고있다.

세균은 알맞는 조건이 지어지면 20분에 한번씩 분렬을 거듭한다. 세균이 이러한 속도로 증식한다면 며칠후에는 그 수가 굉장히 많을것이다.

붕어는 한번에 20만개의 알을 낳는다. 까나온 새끼들중에서 절반이 암컷이라고 해도 다음대에는 200억마리의 새끼붕어가 생길수 있다.

그러나 자연계에서는 그렇게 되지 않는다. 그것은 개체수가 많아짐에 따라 먹이와 생활조건의 제한을 받고 로폐물이 축적되여 해를 받기때문이다. 즉 제한작용의 영향으로 생식능력이 떨어지고 개체수는 늘어나지 않는다.

개체수가 시간이 지남에 따라 달라지는 상태를 나타낸 그라프를 **개체무리의 성장곡선**이라고 부른다.

개체무리의 성장속도는 대체로 처음에는 조금씩 증가하다가 일정한 시간이 지나면 급속히 증가하며 일정한 한계에 이르면 더 이상 증가되지 않는다.

그리하여 개체무리의 성장곡선은 S자형태를 띠게 된다.

제3절. 생태계에서의 물질순환과 에네르기흐름

・생태계에서 탄소, 질소, 광물질은 어떤 과정을 거쳐 순환하는가?
・생태계에서 에네르기는 어떻게 흐르는가?

생물권안에서 생물과 그를 둘러싸고있는 환경은 물질순환과 에네르기흐름을 통하여 서로 련관되여 하나의 체계를 이룬다. 이것을 **생태계**라고 부른다. 생태계는 생물요인과 무생물요인으로 이루어진다.

생물요인은 생산생물(식물), 소비생물(동물), 분해생물(미생물)로 나눈다.

생태계의 중요한 기능은 물질순환과 에네르기흐름이다.

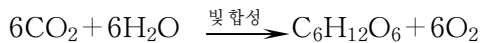
1. 물질순환

생물의 몸을 구성하는 모든 물질들은 생물권안에서 무기환경으로부터 생물에로, 생물로부터 무기환경에로 순환한다.

이것을 구체적으로 보자.

탄소의 순환

식물은 빛합성을 통하여 대기중의 CO_2상태의 탄소로 유기물질을 합성한다.

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{빛합성}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

유기물질상태로 있던 탄소는 소비생물과 분해생물을 거쳐 CO_2상태로 대기속으로 나온다.

동식물의 숨쉬기에 의해서도 유기물질속에 있던 탄소가 CO_2상태로 대기속으로 나온다.

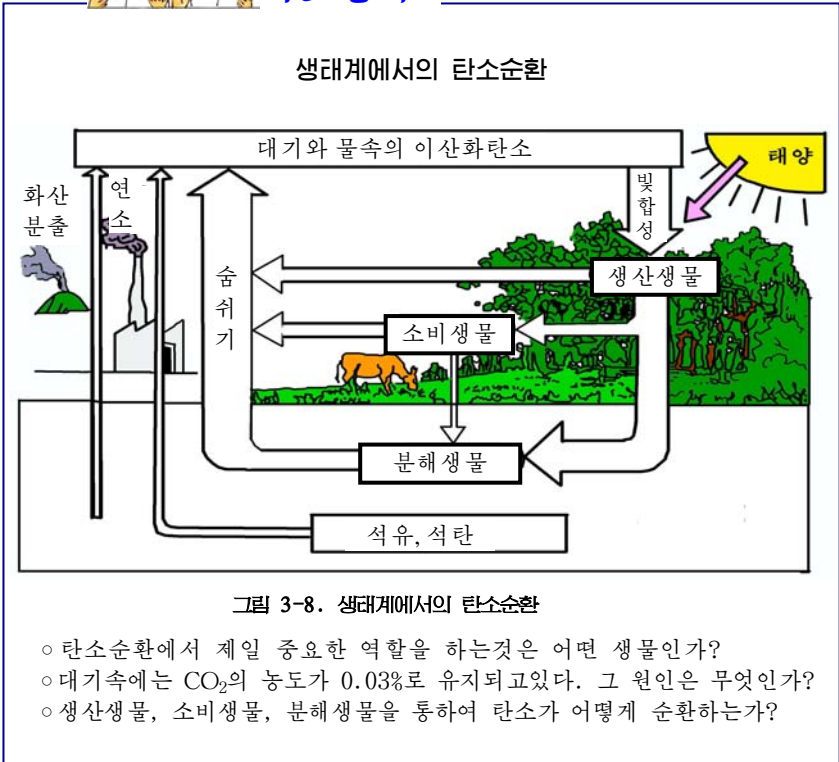
또한 석탄이나 나무, 석유와 같은 물질이 불탈 때에도 많은 량의 탄소가 CO_2상태로 대기속으로 나온다.

자료분석

생태계에서의 탄소순환

대기와 물속의 이산화탄소
태양
화산 분출
연소
빛합성
숨쉬기
생산생물
소비생물
분해생물
석유, 석탄

그림 3-8. 생태계에서의 탄소순환

○ 탄소순환에서 제일 중요한 역할을 하는것은 어떤 생물인가?
○ 대기속에는 CO_2의 농도가 0.03%로 유지되고있다. 그 원인은 무엇인가?
○ 생산생물, 소비생물, 분해생물을 통하여 탄소가 어떻게 순환하는가?

질소의 순환

질소고정생물을 제외한 생물들은 분자상태의 질소를 직접 리용하지 못한다. 때문에 대기속에 질소가 78% 들어있지만 사람들은 질소비료를 농작물에 주고있다.

식물이 리용할수 있는 질소는 암모니움염(NH_4^+)과 질산염(NO_3^-)형태이다. 이러한 형태로 식물속에 들어간 질소는 단백질, 핵산과 같은 생체물질을 합성하는데 리용되며 먹이사슬을 따라 순환한다.

죽은 생물체나 배설물이 미생물에 의하여 분해되면 유기물질을 이루고있던 질소는 분자상태로 되여 대기속에 나온다.

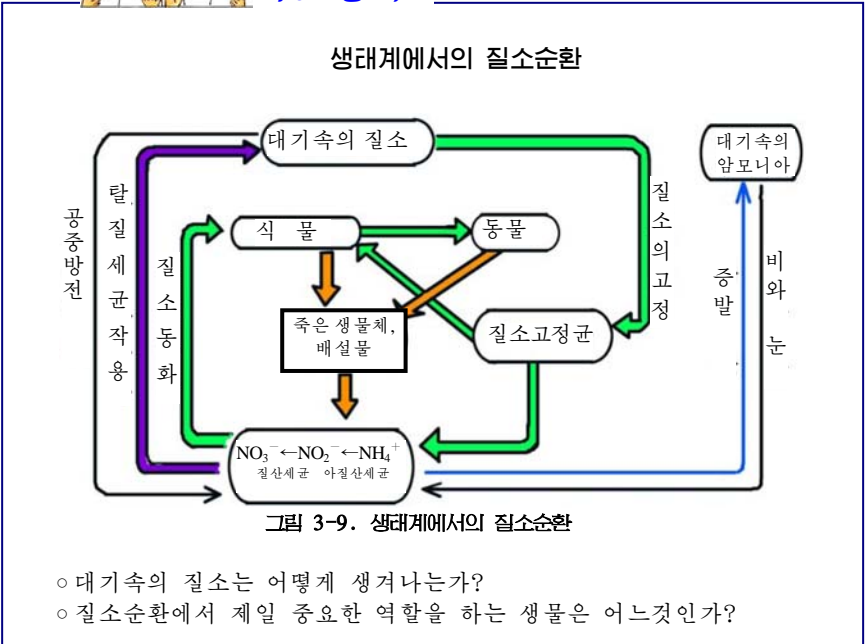
농작물에 주고있는 질소비료는 공장에서 공기중의 질소를 분리하여 만든것이다.

콩과식물의 뿌리에 있는 뿌리혹균과 같은 질소고정균은 공기중의 질소를 NH_3상태로 고정한다. 이것은 다시 아질산세균에 의하여 NO_2^-로 되며 NO_2^-는 질산세균에 의해 NO_3^-로 전환된다.

자료분석

생태계에서의 질소순환

그림 3-9. 생태계에서의 질소순환

○ 대기속의 질소는 어떻게 생겨나는가?
○ 질소순환에서 제일 중요한 역할을 하는 생물은 어느것인가?

광물질원소의 순환

생물이 정상적으로 살아가자면 탄소나 질소뿐아니라 린, 칼리움, 규소, 나트리움, 칼시움, 마그네시움, 철, 망간, 아연 같은 여러가지 광물질을 받아들여야 한다.

식물은 필요한 광물질을 주로 뿌리로 받아들이고 동물은 먹이를 통해 받아들인다.

무기환경에 있던 광물질은 대부분 생산생물에 의해 생물체안으로 들어가며 생물체를 이루고있던 광물질은 생물이 죽은 다음 분해생물에 의해 무기환경으로 나온다.

그러므로 생태계안에서 광물질원소가 빨리 순환하자면 생산생물과 분해생물의 활동이 활발해야 한다.

생각하기

- ○ 농작물을 가꿀 때 질소비료와 함께 린비료, 카리비료도 준다. 린비료, 카리비료는 어떤 역할을 하겠는가?
- ○ 광물질의 순환속도에 관계되는 기본요인이 생산생물과 분해생물로 되는 근거는 무엇인가?

2. 에네르기흐름

생태계에서 에네르기흐름은 물질순환과 동시에 진행된다.

생물의 생활에 필요한 에네르기원천은 태양에네르기이다.

풀색식물은 빛합성을 통하여 태양에네르기를 몸안에 저장한다. 저장된 에네르기는 생태계를 거쳐 흐른다.

생물이 받아들인 에네르기의 일부는 숨쉬기와 열로 방출되고 다른 일부는 먹이사슬의 다음단계에로 넘어간다.

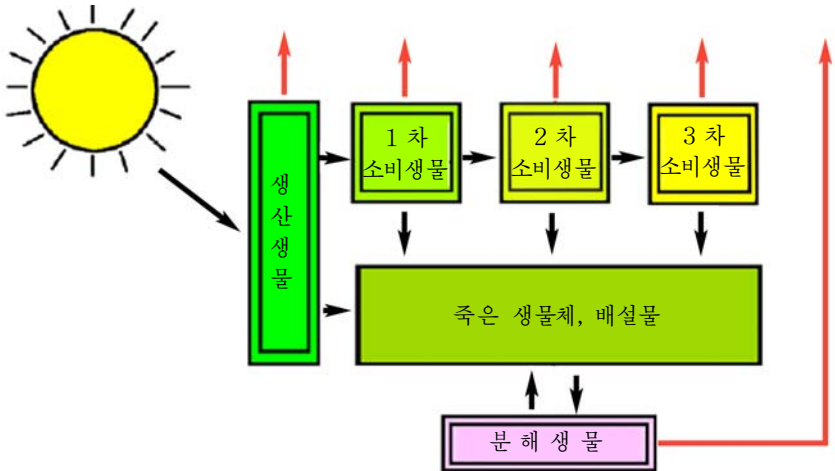



그림 3-10. 생태계에서의 에네르기흐름

그러므로 생태계안에서 에네르기는 순환하는것이 아니라 생태계를 거쳐 흐르게 된다.

먹이사슬의 매 고리에 있는 에네르기량은 그 앞고리의 에네르기량이 많다고 하여 반드시 많아지지 않는다. 먹이사슬의 어떤 고

리에 에네르기가 많이 저축되자면 그 앞고리의 에네르기가 많을뿐아니라 그 리용률도 높아야 한다.

먹이사슬의 한 고리에 있는 에네르기량의 그 앞고리에 있던 에네르기량에 비한 백분률을 **에네르기흐름효률**이라고 부른다.

농업과 축산업을 비롯한 생물을 다루는 분야에서 에네르기흐름효률을 높이는것은 중요한 문제로 나선다.

생각하기

○ 왜 생태계에서 에네르기는 순환하는것이 아니라 흐른다고 하는가?
○ 생태계에서 물질순환과 에네르기흐름사이에는 어떤 관계가 있는가?

문 제

1. 생태계에서 물질순환속도를 높이기 위하여서는 어떻게 해야 하며 물질순환속도를 빠르게 하는것은 실천적으로 어떤 의의를 가지는가?
2. 논벼를 키울 때 에네르기흐름효률을 높이려면 어떻게 해야 하며 왜 그런가?

제4절. 생태계의 특성과 리용

・생태계의 종류별특성과 그 리용방도는 무엇인가?

생태계에는 산림생태계, 바다생태계, 호수생태계, 강하천생태계, 논밭생태계 등이 속한다.

우리는 생태계들의 특성을 잘 알고 그것을 과학적으로 개조, 리용함으로써 우리 나라의 자연환경을 더욱 좋게 하고 생물자원을 더욱 많이 늘여나가야 한다.

1. 산림생태계의 특성과 리용

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《산림을 조성하고 보호하기 위한 사업과 함께 산림자원을 종합적으로 리용하기 위한 대책을 세워야 하겠습니다.》

국토의 많은 부분이 산으로 되여있는 우리 나라에서 산림을 전망성있게 조성하고 종합적으로 잘 리용하는것은 인민들의 먹는 문제와 입는 문제를 해결하는데서 중요한 의의를 가진다.

산림생태계에는 나무와 풀, 여러가지 동물과 미생물들이 살고있는데 여기서 기본은 식물무리이다.

산림에는 식물무리가 층을 이루고있기때문에 동물과 미생물도 층을 이루면서 산다.

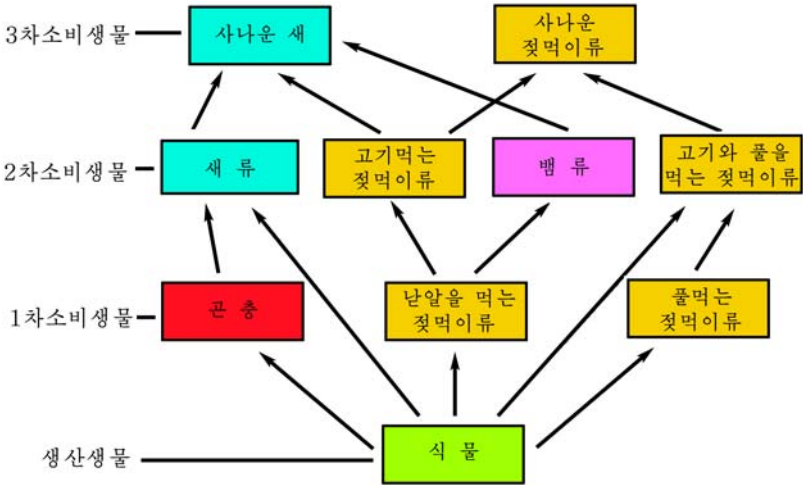



그림 3-11. 산림생태계의 먹이사슬

산림생태계에서는 물질순환속도가 매우 느리다.

또한 복잡한 먹이사슬이 형성된다.

산림생태계의 개조는 단위면적에서 더 많은 생산물을 얻어내고 산림의 보호기능을 높이는 방향에서 진행하여야 한다.

산림개조에서 중요한것은 쓸모가 적은 나무들을 점차 솎아버리고 해당 지역의 기후풍토에 맞으며 경제적으로 쓸모있는 좋은 수종의 나무들을 심는것이다.

새로 나무를 심을 때에는 넓은잎나무와 바늘잎나무를 섞어 혼성림을 조성하는것이 좋다.

산림생태계를 옳게 리용하자면 산림을 잘 보호하는 한편 산림생산물들을 정확히 계산하여 쓸수 있는 크기에 이른 생산물을 제때에 걷어내야 한다.

산림생태계에서는 기본이 나무이기때문에 나무베기와 나무심기를 전망계획에 따라 균형적으로 하며 특히 나무를 망탕 베여내는 현상을 없애야 한다.

산림에서는 산림생태계를 공간적으로 잘 리용하여 목재뿐아니라 기름, 섬유, 종이, 식료품원료, 약초, 먹이풀, 향료 등을 더 많이 얻어내야 한다. 이와 함께 리로운 동물들도 많이 불어나게 하여야 한다.

생각하기

○ 산림생태계에서 물질순환속도가 느린 원인은 무엇인가?
○ 쓸모가 적은 소나무림을 잣나무림으로 개조하기 위하여 어떤 방법을 리용하는지 알아보아라.

2. 바다생태계의 특성과 리용

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《바다는 무진장한 자원의 보물고입니다. 우리는 바다의 광물자원, 동식물자원, 동력자원을 개발하여 인민경제발전에 효과적으로 리용하기 위한 사업을 전망성있게 밀고나가야 하겠습니다.》

바다생태계를 이루고있는 구성요소들은 모두 바다물속에 있으므로 땅우생태계와는 다른 특성을 가진다.

바다물에서는 땅우에서보다 온도변화가 적고 뜰힘이 작용하여 생물의 활동에 편리하다. 겉층으로부터 깊어지는데 따라 산소량은 적어지고 압력은 높아진다. 10m 깊어질 때마다 압력은 0.1MPa씩 높아진다.

빛은 물속으로 들어갈수록 점차 약해지는데 200m 깊은 층에서는 빛합성을 할수 없을 정도로 빛세기가 약해진다.

바다물에는 소금을 비롯한 여러가지 염들이 들어있다.

※ 조선동해 염농도 3.4%, 조선서해 염농도 3.2%

먹이사슬도 땅우와 다르다. 생산생물은 떠살이식물과 바닥살이마름류인데 기본은 떠살이식물이다. 이것들이 만든 유기물질은 떠살이동물과 물고기류, 조개류를 거쳐 다시 더 큰 물고기류와 바다젖먹이류에게로 옮겨진다.

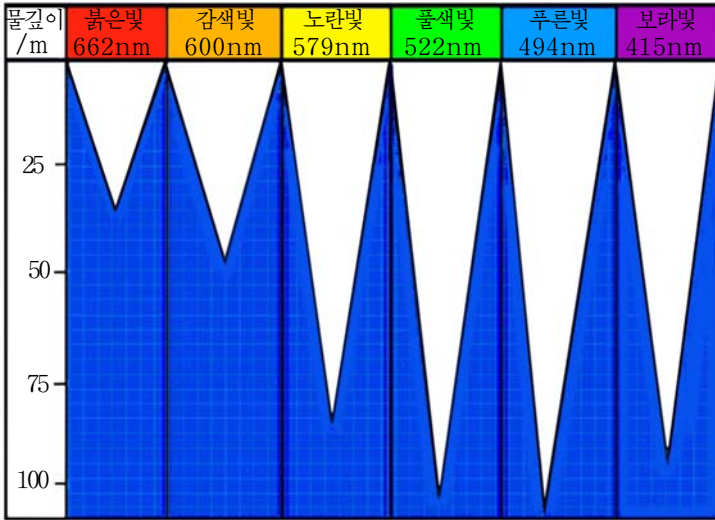



그림 3-12. 물속에로의 빛투과깊이

바다생태계를 리용하는데서 중요한것은 먹이사슬평형을 유지하면서 보다 많은 물고기를 잡아내는것이다. 또한 자연적인 바다생물자원을 합리적으로 리용하는 한편 미역, 다시마, 김, 조개류, 해삼류 등을 길러 생산량을 늘이는것이다.

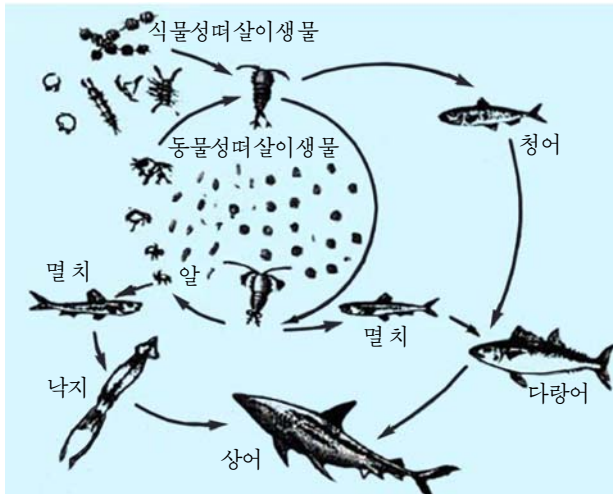



그림 3-13. 바다생태계에서의 먹이사슬

생각하기

- 바다물속 200m이상 깊은 곳에서 생산생물이 살지 못하는 원인은 무엇인가?
- 바다의 단위면적에서 더 많은 생물을 길러내자면 어떻게 해야 하겠는가?

3. 호수생태계의 특성과 리용

호수생태계에는 늪, 저수지 등이 속한다.

호수생태계의 무기환경은 바다생태계와 다르다. 호수생태계에서는 물량과 물온도, 물속산소량이 년중 심하게 변한다.

호수생태계에서도 바다에서처럼 물깊이가 깊어짐에 따라 생물이 점점 적어지는데 보통 2~3m보다 깊은 곳에서는 식물이 자라지 못한다.

중요한 생산생물은 떠살이식물과 마름을 비롯한 물살이생물이다.

1차소비생물에는 떠살이동물, 실지렁이 등이 속하며 2차소비생물에는 잉어, 붕어, 행베리 등 여러가지 물고기 그리고 마합, 가막조개 등의 조개류가 속한다.

3차소비생물에는 메기, 쏘가리, 가물치 등이 속한다.

호수생태계에서 생산된 유기물질은 새나 젖먹이류에 의해 밖으로 나갈수도 있고 물밑바닥에 가라앉아 땅속으로 들어갈수도 있다.

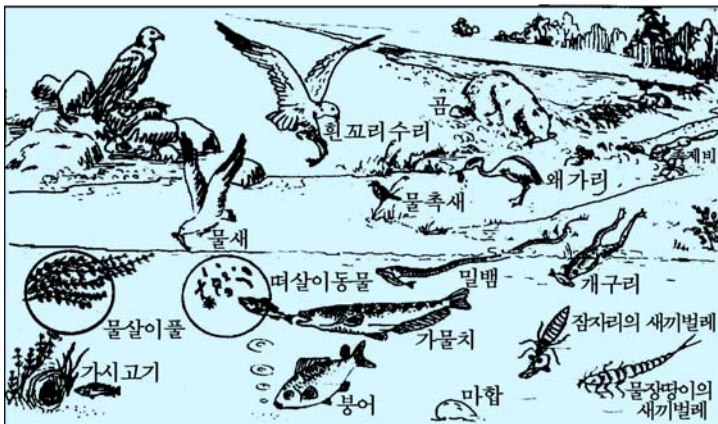



그림 3-14. 호수생태계

위대한 령도자 **김정일**대원수님의 현명한 령도에 의하여 우리나라의 곳곳에는 현대적인 메기공장과 양어장들이 훌륭히 꾸려져 물고기를 많이 기르고있다.

호수생태계에서 생물생산성을 높이기 위하여서는 민물고기생산을 늘여야 한다.

그러자면 메기와 같이 빨리 자라고 고기맛이 좋은 물고기종자를 선택하여 대대적으로 길러야 한다.

이와 함께 각이한 물깊이에서 사는 민물고기들을 합리적으로 섞어 립체적으로 길러야 한다.

생각하기

◦ 호수생태계의 무기환경이 바다생태계와 다른 점은 무엇인가?
◦ 우리 나라의 평지대호수와 산간지대호수에서는 어떤 특징을 가진 물고기를 기르는것이 좋겠는가?

문 제

1. 산림생태계를 공간적으로 잘 리용하자면 어떻게 해야 하는가?
2. 물깊이에 따라 바다생물의 분포가 달라지는 원인은 무엇인가?
3. 호수생태계에서 민물고기를 합리적으로 섞어 기르면 어떻게 좋은가?

제5절. 생태환경보호와 생물다양성보존

· 생태환경은 어떻게 오염되며 그것을 막자면 어떻게 해야 하는가?
· 생물다양성을 보존하자면 어떻게 해야 하는가?

세계적으로 인구가 급격히 증가하고 사람들의 생산활동범위가 넓어짐에 따라 사람들이 생태환경과 생물다양성에 주는 영향은 매우 크다.

생태환경보호와 생물다양성보존은 사람들의 건강을 보호하고 보다 좋은 환경에서 물질문화생활을 누릴수 있게 하는 중요한 문제로 된다.

1. 생태환경보호

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《주요도시들과 산업지구들에서 공기와 물을 오염시키는 물질을 없애며 미광과 오염된 물을 처리하기 위한 과학기술적인 대책을 바로세워야 하겠습니다.》

사람은 생활과 생산활동과정에 여러가지 배설물과 연기, 먼지, 유해가스, 오물을 내보낸다. 동물도 여러가지 찌끼와 배설물을 내보낸다. 이러한 해로운 물질이 생겨난다고 하여 그것이 곧 사람이나 동식물에 피해를 주는것은 아니다. 자연계에서는 일정한 시간이 지나면 그러한 물질이 해롭지 않은 물질로 전환되기도 한다.

자연조건에서 사람이나 동식물에 해로운 물질이 해롭지 않은 물질로 전환되는 현상을 자연의 **자체정화**, 그 능력을 **자체정화능력**이라고 부른다. 어떤 지역에 해로운 물질이 자연의 자체정화능력이상으로 생겨나면 점차 축적되여 자연환경이 오염된다.

일부 해로운 물질은 먹이사슬을 따라 이동하면서 분해되지도 않고 배설되지도 않으며 점차 생물의 몸안에 축적된다. 이런 현상을 **생물농축**이라고 부른다.

자료분석

호수생태계에서의 생물농축

다음의 그림은 호수생태계의 먹이사슬이다.

ㄱ.작은 물살이식물→ㄴ.물벼룩→ㄷ.잠자리의 유충→ㄹ.작은 물고기→ㅁ.큰 물고기

그림에서 붉은 점으로 표시한것은 생물의 몸에 농축된 독성물질이다. 붉은색의 정도는 독성물질의 정도를 표시한것이다.

- ○ 몸에 독성물질을 축적한 물고기를 사람이 먹으면 어떻게 되겠는가?
- ○ 왜 생물체의 독성물질은 먹이사슬의 높은 단계에 있는 생물들에서 더 많이 농축되는가?

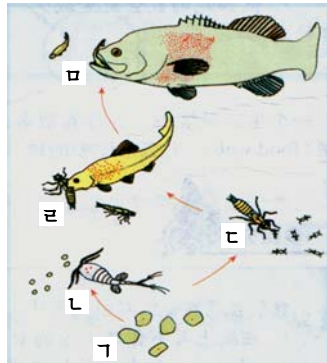



그림 3-15. 호수생태계에서 먹이사슬을 통한 생물농축

생물농축된 생물이 먹이사슬의 다음 단계에 있는 생물에게 먹히우면 잡아먹은 생물의 몸안에서 오염물질의 농도는 보통 10~100배 지어 수천배로 높아진다.

먹이사슬의 가장 높은 단계에 있는 사람에게서는 그 농도가 수만배로 되여 중독을 일으키게 된다.

환경오염이 심해져 사람이나 다른 생물의 생존과 생활에 엄중한 후과가 생기는것을 **공해**라고 부른다.

대기오염과 환경보호

대기오염은 화산분출과 같은 자연적인 요인에 의해서 일어나기도 하지만 인구가 늘어나고 공업이 발전함에 따라 거기에서 나오는 유해가스, 먼지 등에 의해 일어나는것이 더 큰 몫을 차지한다.

대기속의 오염물질은 사람의 숨쉬기기관과 피부, 입을 통하여 사람몸에 들어가 건강에 피해를 주며 동식물의 생활에도 지장을 주고 공업제품과 건축물에도 손상을 준다.

대기환경을 오염으로부터 보호하자면 나무를 많이 심고 그 보호관리사업을 잘해야 한다.

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《환경보호사업을 개선강화하여 대기와 물의 오염을 막고 생태환경을 보호하는데서 기본은 나무를 많이 심는것입니다.》

전체 인민이 떨쳐나 나무심는 적기인 봄과 가을에 나무를 많이 심어야 한다. 특히 수종이 좋은 나무를 많이 심는 한편 그 보호관리사업을 잘해야 한다. 그리고 이 사업을 일관성있게 내밀어 온 나라를 수림화, 원림화하여야 한다.

또한 공업을 분산배치하고 오염물질이 희석되게 하며 먼지와 유해가스를 없애기 위한 대책을 철저히 세워야 한다.

세계적범위에서는 연소에 의한 CO_2배출량을 줄이고 사막을 수림화하여 지구온난화와 황사를 막기 위한 대책을 세워야 한다.

생각하기

- 연소에 의한 CO_2배출량을 줄이기 위하여서는 어떤 문제를 해결해야 하겠는가?
- 공원이나 산림속의 공기와 공장이 많은 지역에서의 공기는 어떤 차이가 있으며 왜 그렇겠는가?

물오염과 환경보호

물오염은 주로 공업페수, 농업퇴수, 생활오수속의 정화되지 않은 오염물질이 자연의 자체정화능력을 초과하여 강과 바다, 호수, 지하수로 흘러들 때 생긴다.

물오염을 막자면 공장, 기업소들에서 반드시 허용기준에 도달한 공업페수를 내보내야 하며 공업페수, 생활오수들을 정화하기 위한 대책을 철저히 세워야 한다. 정화처리에는 물리적, 화학적, 생물학적방법들이 적용되는데 최근에는 미생물의 분해능력에 의한 **생물공학적방법**이 많이 적용되고있다.

물오염을 막기 위한 사업과 함께 물자원을 보호하는데 깊은 관심을 돌려야 한다.

※ 지구상의 약 14억km^3의 물가운데서 97.5%는 바다물이고 나머지 대부분도 얼음산으로 되여있어 사람들이 실지 리용할수 있는 물자원은 0.01%정도이다.

인구의 증가와 경제장성, 물의 오염과 랑비 등으로 현재 세계적으로 80여개 나라들이 물위기에 직면하고있으며 앞으로 그러한 나라는 더욱 늘어날것이라고 한다.

오늘 세계적으로 11억명이 깨끗한 물을 사용하지 못하고있으며 26억명이 물이 부족하여 초보적인 위생조건도 갖추어지지 못한 곳에서 생활하고있다.

그리하여 물오염에 의하여 매일 평균 6 000여명이 목숨을 잃고있으며 물오염에 의한 질병은 세계적인 질병발생 총 건수의 35%를 차지하고있다.

우리는 우리 나라에 물자원이 풍부하다 하여도 그것을 아껴쓰고 보호관리하는 사업을 잘하지 않으면 물자원을 보존할수 없을뿐아니라 물오염으로 사람들의 생존과 생활에 영향을 미칠수 있다는것을 잘 알고 물자원을 적극 보호하고 물을 아껴써야 한다.

바다물오염을 막는데도 관심을 돌려야 한다. 그러자면 바다에서의 핵시험을 막고 핵페기물을 바다에 마구 버리지 못하게 하며 선박사고에 의한 기름류출을 없애야 한다.

생각하기

◦ 우리 주위에서 물오염을 일으킬수 있는 조건은 무엇이며 그것을 없애기 위해서는 어떻게 해야 하는가?

토양오염과 환경보호

오염물질이 토양속에 들어가 거기서 자라는 식물체안에 축적되여 잘 자라지 못하게 하고 나아가서 사람의 건강에 해를 주는 현상을 **토양오염**이라고 부른다. 토양오염은 공업페수와 농업퇴수가 자체정화능력을 초과하여 토양속에 흘러들어올 때, 방사성물질이 함유된 광석이 풍화될 때 일어난다.

토양오염을 막자면 우선 공업폐수를 적극 정화처리하며 농업부문에서는 오수에 의한 관개를 철저히 없애고 화학비료나 화학농약대신 생물비료와 생물농약을 많이 리용하여야 한다.

또한 토양의 자체정화능력을 높여주기 위하여 유기질비료를 많이 내고 흙깔이를 하여야 한다.

2. 생물다양성보존

조국산천을 더욱 아름답게 하고 풍부한 생물자원을 후대들에게 물려주자면 생물자원의 다양성을 계속 보존하고 리용해나가야 한다.

생물다양성이란 일정한 지역 또는 지구우에 있는 모든 식물, 동물, 미생물의 종적풍부성을 말한다.

생물다양성은 대체로 생물들사이, 생물과 자연환경사이의 복잡한 관계를 보여준다. 생물다양성은 사람들에게 식료품과 의약품, 공업원료를 보장할뿐아니라 아름다운 자연풍경과 맑고 신선한 공기를 마련해주며 큰물피해와 같은 자연재해와 공해를 막아준다.

수십억년의 오랜 력사에 걸쳐 분화되고 유지되여온 생물종은 한번 없어지면 다시 재생할수 없게 된다.

산좋고 물맑은 우리 나라는 생물종이 다양할뿐아니라 특산종과 경제식물이 많고 생태계가 매우 다양하다.

우리 나라는 국토의 80%가 산으로 되여있고 세면이 바다로 둘러싸여있으며 강과 호수가 많다. 그리고 온대성기후와 사계절을 가지고있으며 지형적으로 북에서 남으로 길게 뻗어있다.

이것은 생물이 다양해질수 있는 자연지리적조건으로 된다.

특히 우리 나라에서는 위대한 령도자 **김정일**대원수님의 말씀을 높이 받들고 해마다 전국적범위에서 산에 많은 나무를 심고 생물자원을 보호증식시키기 위한 사업이 활발히 벌어지고있다.

그러나 눈앞의 리윤만을 추구하는 미제를 비롯한 제국주의자들의 책동으로 하여 지구온난화가 가속화되고 지구의 사막화와 황사현상이 심해져 생물다양성이 심히 파괴되고있다.

현재 지구우의 약 200만종의 생물들가운데서 열대지방에서만도 해마다 1 000종이상의 생물종이 없어지고있으며 지구우에서 2 500여종의 식물과 1 200종의 척추동물이 완전히 사멸될 위기에 처해있다.

생물다양성을 보존하자면 원림과 산림을 잘 조성하고 리로운 동식물을 적극 보호증식하여야 한다.

또한 생태계를 풍부하게 하면서 과학적으로 리용하여야 한다.

특히 자원량이 적어지고있는 생물종류들을 제때에 조사장악하고 그것을 증식시키기 위한 대책을 세워야 한다.

이와 함께 생물다양성보존을 위한 교육교양과 법적통제를 강화하여 모든 사람들이 공민적자각을 가지고 이 사업에 적극 떨쳐나서야 한다.

문 제

1. 환경오염에는 어떤것들이 속하며 그 원인은 무엇인가?
2. 현시기 생물다양성을 보존하는 문제가 왜 중요하게 제기되는가?

참 고

화학농약 DDT(디클로로디페닐트리클로로에탄)

20세기 50년대 유럽, 아시아, 아메리카에서는 살충제로 DDT라고 하는 화학농약을 많이 리용하였다. 농약의 대부분은 토양과 공기중에 침습하여 비가 내릴 때 토양의 물을 따라 바다에 흘러들었다.

바다물속의 DDT는 떠살이생물→물고기→새→젖먹이동물 등 먹이사슬을 따라 옮겨진다.

새나 젖먹이동물의 몸안에 축적된 DDT의 함량은 바다물에 비하여 백만배나 높다.

DDT는 새의 알껍질을 연약하게 하여 알을 낳을 때 쉽게 깨여지게 한다.

DDT는 사람에게도 영향을 미치는데 특히 녀자들이 아이를 낳는데 큰 지장을 준다.

DDT는 사용하는 사람에게만 유해로운것이 아니다. DDT를 사용한적이 없는 남극대륙의 펭긴이나 북극지방의 에스키모인의 몸안에서도 DDT의 존재가 발견되였다.

참 고

온실효과와 지구온난화

온실효과란 대기가 지구표면으로부터 나가는 긴파장빛(적외선)을 흡수함으로써 지구표면의 온도가 내려가는것을 막아주는 현상을 말한다.

지구의 대기가 태양으로부터 오는 열에네르기를 받는데서 마치 온실의 유리와 같은 작용을 한다고 하여 온실효과라고 부른다.

대기속에는 수증기, CO_2 등 여러가지 기체들이 들어있는데 이것들은 태양으로부터 오는 짧은 파장의 빛은 대체로 잘 통과시키지만 지구표면에서 나오는 긴 파장의 빛은 많이 흡수하여 그 대부분을 지구표면으로 다시 복사한다. 결국 대기는 지구로 들어오는 열은 잘 통과시키지만 지구밖으로 나가는 열은 막아버리는 작용을 하는것으로 된다.

최근 인간의 활동에 의한 온실효과가스의 증대로 지구의 온도가 높아지고있다.

지구온난화란 여러가지 요인에 의하여 지구를 둘러싸고있는 대기의 온도가 높아지는 현상을 말한다.

자료에 의하면 1880년부터 1998년까지의 100여년동안에 지구의 평균기온은 0.52℃ 올라갔다. 지구의 온난화로 하여 2030년에는 지금보다 4.5℃ 더 올라갈것이라고 한다.

대기중에 포함된 CO_2은 식물의 숨쉬기, 바다물에서의 용해와 방출 등으로 순환하면서 대기중에 318mg/L으로 안정되여있었다. 그러나 최근 대량적인 화석연료의 연소와 산림의 감소로 하여 CO_2농도가 늘어나 1990년에 이미 354mg/L수준을 넘어섰다.

이러한 온실효과가스의 증대로 하여 대기온도가 계속 높아지고 결과 이상기후현상이 나타나고있다.

지구온난화로 가물과 큰물과 같은 자연재해가 들이닥치고 고온현상이 심하게 나타나 경제활동과 사람들의 생활에 적지 않은 피해를 주고있다. 또한 사막화를 촉진시키고 극지방의 얼음산이 녹아내리게 하여 바다물면을 높이고있다. 현재 지구의 바다물면은 매 10년마다 6cm씩 높아지고있다. 이런 상태가 계속되면 수십년후에는 수많은 섬나라들과 바다가도시들이 물에 잠기게 될것이다.

【실험】

개구리밥풀무리의 증식에 미치는 환경요인의 영향

준비

개구리밥풀(야외에서 채집한것을 물에 잘 씻고 잎모양체의 크기와 색갈이 같은것들로 골라낸것), 작은 비커, 덮개유리, 질소비

료, 류산동, 검은색종이

방법

1) 농도가 0.1g/L인 질소비료용액 2L를 준비하고 작은 비커에 나누어 넣어 시험구들을 만든다.

2) 잎모양체가 3개씩 있는 개구리밥풀을 방법 1)에서 준비한 시험구들에 30개씩 넣는다.

3) 매 시험구들에 각이한 환경조건을 지어준다.

ㄱ. 빛세기의 영향을 알아보기 위하여 방법 2)에서 준비한 4개의 시험구들에 직경이 0.5cm, 1cm, 2cm, 4cm인 구멍이 뚫린 검은색종이를 씌운다.

ㄴ. 류산동농도의 영향을 알아보기 위하여 방법 2)에서 준비한 6개의 시험구들에 류산동을 0mg/L, 0.01mg/L, 0.1mg/L, 1mg/L, 10mg/L, 100mg/L씩 각각 넣는다.

ㄷ. 개체무리밀도의 영향을 알아보기 위하여 방법 2)에서 준비한 시험구들에서 잎모양체의 수가 3, 9, 36, 144로 되게 변화시킨 4개의 시험구를 만든다.

ㄹ. 질소비료농도의 영향을 알아보기 위하여 비료액의 농도가 0g/L, 0.125g/L, 0.25g/L, 0.5g/L, 1.2g/L로 되게 시험구를 설정한다.

4) 매 시험구들에 명찰표를 붙이고 물이 날아나지 않도록 덮개유리를 비커우에 덮는다.

이와 같이 준비한 시험구들을 실험실의 창문턱에 놓고 3~4일에 한번씩 시험구안의 잎모양체수를 조사한다.

분석과 토론

- ○빛세기의 차이에 따라 개구리밥풀무리의 증식이 어떻게 되는가?
- ○류산동농도의 차이에 따라 개구리밥풀무리의 증식이 어떻게 되는가?
- ○개체무리밀도의 차이에 따라 개구리밥풀무리의 증식이 어떻게 되는가?
- ○질소비료농도의 차이에 따라 개구리밥풀무리의 증식이 어떻게 되는가?

결과처리

빛세기, 류산동농도, 개체무리밀도, 질소비료의 농도에 따르는 잎모양체수의 변화를 각각 그라프로 그리고 원인을 밝힌다.

제4장. 생물공학과 그의 리용

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《생물공학부문에서는 세포공학과 유전자공학, 미생물공학을 비롯한 현대생물학의 발전에 큰 힘을 넣으며 현대생물학의 성과를 농업과 축산업, 의학과 식료공업에 널리 받아들여 생산성이 높은 농작물과 집짐승의 새 품종을 만들어내며 질좋은 여러가지 의약품과 식료품을 많이 생산할수 있도록 하여야 합니다.》

클론토끼

생물공학에서는 생물개체 또는 세포, 조직, 기관의 특성과 기능을 리용, 개조하여 새로운 품종을 만들어내고 리로운 생체물질과 에네르기를 공업적방법으로 다량생산하는 원리와 기술 등을 연구한다.

생물공학은 세포공학과 유전자공학, 미생물공학, 게놈공학 등으로 나눈다.

세포공학은 조직배양, 세포융합, 핵 및 세포기관이식 등의 방법으로 세포의 유전적특성을 변화시켜 새로운 품종을 얻어내거나 리로운 동식물을 증식시키고 쓸모있는 물질을 다량생산하는 원리, 기술, 방법을 연구하는 분야이다.

유전자공학은 세포공학과는 달리 여러가지 방법으로 쓸모있는 유전자를 얻어내고 그것을 유전자운반체에 재조합하여 다른 생물체에 넣어주어 그의 유전적특성을 변화시킴으로써 새로운 품종을 얻어내거나 유전병을 치료하는것을 비롯하여 여러가지 목적을 실현하는 원리와 기술, 방법을 연구하는 분야이다.

미생물공학은 미생물배양을 통하여 사람에게 필요한 물질과 에네르기를 다량생산하는 원리와 기술, 방법을 연구하는 분야이다.

게놈공학은 유전자공학과는 달리 게놈전체나 게놈안의 일정한 부분을 대상으로 목적하는 유전자부분을 절단, 분리하고 그 수를 늘이며 다른 생물종에 넣어주어 필요한 유전정보를 발현시키는 원리와 기술, 방법을 연구하는 분야이다.

우리는 21세기 핵심기초기술의 하나인 생물공학학습을 깊이하여 생산성이 높은 농작물과 집짐승의 새 품종을 만들어내며 질좋은 여러가지 의약품과 식료품을 많이 생산할수 있도록 하는데 적극 이바지하여야 한다.

제1절. 세포공학과 그의 리용

・세포공학의 주요기술과 방법에는 어떤것들이 있으며 그것을 어디에 어떻게 리용하는가?

1. 조직배양

조직 또는 세포를 생물체에서 떼여내여 일정한 영양물질과 자라기조절물질들이 들어있는 배지에서 세포분렬활성을 계속 유지하도록 하면서 무균적으로 자래우는것을 **조직배양**이라고 부른다.

조직배양은 생물공학기술의 주요한 기초이며 한 부분이다.

식물조직배양

식물조직배양은 1902년부터 연구되기 시작하였는데 일반적으로 배지만들기, 배양재료의 준비와 소독 및 접종, 유상조직유도, 기관분화와 식물체재생, 얻은 식물체의 순화 등의 공정으로 진행한다.

0.5% 차아염소산 / 나트륨용액

멸균수

재료의 소독 / 세척 / 조직의 떼여내기 / 접종 / 유상조직유도 / 기관분화 / 배양모의 순화

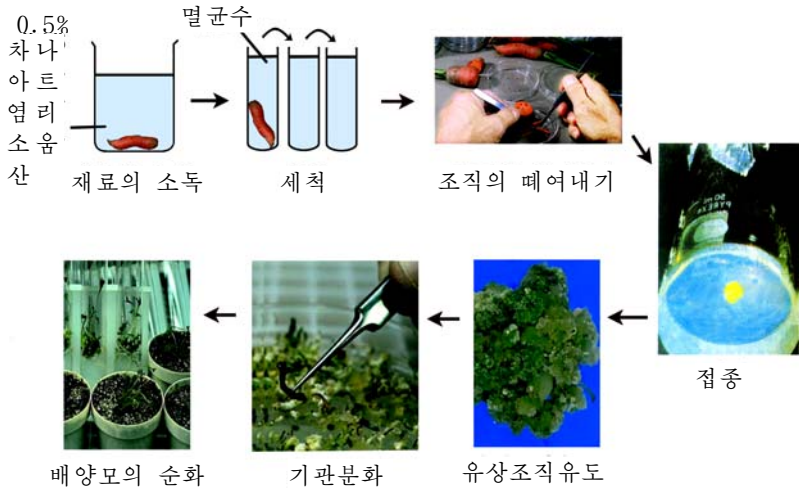



그림 4-1. 식물조직배양공정

배지. 식물체에서 떼여낸 조직 또는 세포를 시험관안에서 무균적으로 자래우는데 필요한 영양물질과 자라기조절물질이 들어있는 배양액을 **배지**라고 부른다.

배지에는 **고체배지**와 **액체배지**가 있다. 고체배지는 배양액에 우무 등을 넣어 굳힌 배지이고 액체배지는 굳힘제를 넣지 않은 액체상태의 배지이다. 그리고 식물조직배양실천에서는 **기초배지**라는 말을 많이 쓰는데 이것은 흔히 배지처방에서 자라기조절물질을 내놓은 나머지부분을 말한다. 기초배지성분에는 무기염, 유기물질(아미노산, 비타민), 당질이 포함된다.

현재까지 많은 배지처방들이 만들어졌는데 그가운데서 널리 쓰이는것은 MS(이 배지를 만든 무라시게와 스쿠그 이름의 첫 영어글자)배지이다.

배지는 배지처방에 따라 필요한 량을 푼 다음 고압증기멸균기로 0.1~0.12MPa에서 20~40분동안 멸균한다. 이때 다음 실험공정에 쓸 려과종이를 2~3겹 깐 샤레, 증류수를 넣은 삼각플라스크도 함께 멸균한다.

배양재료의 준비와 소독 및 접종. 조직배양에 쓸 접종재료는 식물체의 어린 잎, 어린 줄기, 꽃잎, 뿌리, 싹잎, 배축 등 임의의 부위에서 취할수 있다. 어린 기관에서 취할수록 배양에서 성공하기 더 쉽다. 접종재료를 물로 깨끗이 씻고 흡수종이로 겉면에 묻은 물을 없앤 다음 무균조작대 또는 무균함안에서 승홍($HgCl_2$), 표

백분상등액 등으로 일정한 시간 소독하고 멸균한 증류수(무균수)로 몇번 씻는다.

소독한 접종재료는 무균샤레(멸균한 샤레)의 려과종이우에 놓고 해부칼로 알맞춤한 크기로 자른 다음 핀세트로 집어 배지에 올려놓는다. 즉 접종한다. 접종재료는 잎인 경우 5mm×5mm, 줄기와 뿌리인 경우 5~7mm의 크기로 잘라 접종하는것이 좋다.

생각하기

○ 접종재료를 소독하지 않고 배지에 심으면 어떻게 되겠는가, 왜 그런가?

유상조직유도와 식물체재생. 접종한 배양재료는 배양실에서 배양한다. 보통 배양실의 온도는 23~27℃로 보장하며 매일 10~14시간 형광등으로 빛을 비쳐준다.

배양하여 며칠이 지나면 접종재료의 자름면이 부풀고 7일정도 지나면 자름면 또는 배지와 닿은 면에서 무정형의 수많은 세포로 된 상처아뭄조직(유상조직)이 뚜렷이 생기기 시작하는것을 눈으로 알아볼수 있다. 유상조직이 생기는것은 분화되였던 접종재료의 세포들이 다시 분렬능력을 회복하여 분렬하기때문이다.

유상조직을 계속 유지하거나 증식시키려면 일정한 기간을 주기로 신선한 배지에 옮겨야 한다. 이것을 **유상조직의 계대**라고 부른다.

유상조직을 자라기조절물질인 시토키닌과 아욱신을 적당히 배합하여 넣어 만든 분화배지에 옮기면 1~2주 지나 싹 또는 뿌리가 형성되고 나아가서 어린 식물체로 자란다.

배양하여 얻은 식물체는 일정한 기간 실험실 또는 온실조건에서 단련시킨 다음 화분 또는 포전에 옮겨 심는다.

생각하기

○ 하나의 식물세포를 배양하여 옹근 식물체를 얻을수 있는것은 무엇때문인가?

동물조직배양

동물조직배양은 식물조직배양보다 좀 더 먼저 진행되였다.

배지. 동물조직배양에는 응고피진과 같은 천연배지, 피물 등을 무기염류와 섞어서 만든 반합성배지, 성분상 동물조직과 거의 같은 완전합성배지가 쓰인다. 최근에는 동물세포생활에 필요한 여러가지

무기염, 아미노산, 비타민 등 수십가지 성분을 포함한 완전합성배지가 많이 쓰이고있다. 그러나 세포증식을 목적으로 하는 경우에는 합성배지성분에 피진, 닭배체추출물 등을 첨가하여 쓰는 경우가 많다.

생각하기

○ 동물조직배양배지가 식물조직배양배지와 다른 점은 무엇인가?

동물조직배양은 목적에 따라 기관원기배양과 성숙한 개체의 기관배양으로 나눈다.

기관원기배양에서는 미분화상태의 다리, 뼈, 눈 등 기관원기를 배양하여 기관을 분화시키고 형태를 형성시킨다.

기관배양에서는 완전한 기관이나 조직을 떼여내여 배양하면서 영양요구성, 물질대사, 병적상태 등에 대한 연구를 진행한다.

배양방법. 단층배양법, 시계접시배양법을 비롯하여 여러가지가 있다.

단층배양법은 세포를 배양그릇의 벽에 붙여 유지 또는 증식시키는 배양방법이다. 세포의 형태변화관찰에 편리하다. 배양조건에서 끌없이 증식할수 있는 세포계통 즉 세포그루, 클론을 얻는데 쓰인다.

시계접시배양법은 기관배양에 쓰이는데 샤레에 약솜을 깐 다음 그우에 피진과 닭배체추출물이 들어있는 시계접시를 놓고 조직쪼각을 접종하여 배양하는 방법이다.

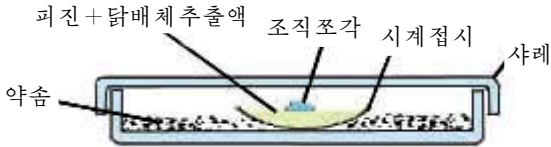



그림 4-2. 시계접시배양법

피진과 닭배체추출액은 아미노산을 비롯한 영양물질의 좋은 공급원천으로 된다. 그리고 닭배체추출액을 넣으면 기관분화에도 유리하며 피진을 응고시켜 배양재료가 지지하도록 한다.

다 자란 흰쥐에서 떼여낸 뇌하수체를 배지(피진과 닭배체추출액을 3:1정도로 섞고 높은 농도의 포도당을 넣어준 배지)에서 배양하면 증식한다.

병든 장기를 대신할수 있는 장기배양도 할수 있다.

최근 클론동물만들기기술이 발전하면서 동물조직배양기술은 더욱 빨리 발전하고있다.

2. 세포융합

세포융합은 서로 다른 종류의 세포들이 융합유도제, 전기마당처리, 비루스 등에 의하여 합쳐져 하나의 잡종세포를 이루는 현상이다.

세포융합은 몸세포잡종만들기, 클론동물만들기, 쓸모있는 물질생산 등에 널리 리용된다.

식물세포융합

식물세포를 융합시키자면 먼저 세포벽을 효소처리 또는 기타방법으로 제거하여 산 원형질덩어리인 원형질체를 얻어내야 한다.

원형질체융합은 스스로 일어나기도 한다.(자연융합) 인공적으로 일으킨것(유도융합)만이 새 품종만들기에서 의의가 있다.

서로 다른 식물종의 원형질체가 융합한다는것은 1970년에 처음으로 발견되였다.

원형질체융합은 종내에서는 물론 종간, 속간 지어 과간에서도 일어난다.

원형질체융합을 일으키는 방법에는 여러가지가 있다.

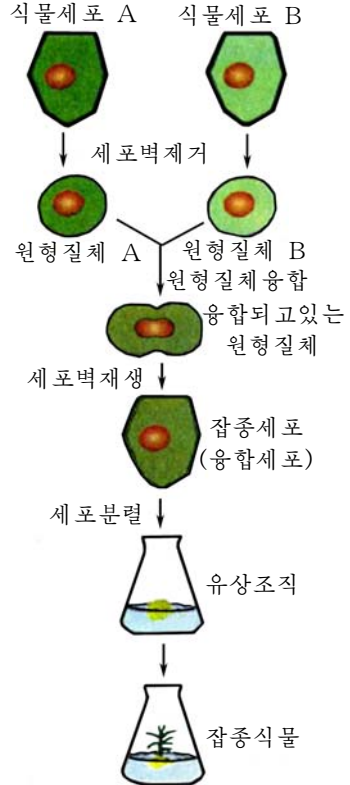
화학물질처리에 의한 융합방법. 처음에는 높은 농도의 $NaNO_3$용액으로 원형질체를 처리하여 연이 먼 식물들사이에 융합을 일으키는 방법을 리용하였다.

그러나 이 방법은 융합률이 낮고 어린 조직세포들사이에서만 융합이 일어나는 부족점이 있다.

그림 4-3. 식물세포융합공정

이로부터 높은 pH와 높은 농도의 Ca^{2+}이 보장된 조건에서 융합시키는 방법, 폴리에틸렌글리콜(PEG)을 리용하는 방법, 폴리비닐알콜(PVA)을 리용하는 방법 등이 개발되여 리용되고있다.

전기세포융합기에 의한 융합방법. 원형질체들은 막전위가 음전하를 띠므로 서로 반발하면서 개별적으로 있게 된다.

원형질체혼합액에 고주파교류(1~수MHz, 10~200V/cm)를 걸어주면 원형질체들은 전기마당방향으로 나란히 서게 된다. 이 상태에서 센 임풀스전압을 가하면 세포의 접착점에서는 세포막구조가 파괴되는데 이것이 다시 회복될 때 서로 접해있는 막사이에서

융합이 일어난다. 식물의 종, 그것의 생리적상태 등에 따라 구체적인 처리조건은 다르다.

동물세포융합

동물세포는 균류, 세균, 식물세포와는 달리 세포벽이 없으므로 그자체가 원형질체이다.

동물세포에서는 막에 있는 당단백질이나 당기름질사슬에 의하여 세포융합이 저해된다. 그러므로 동물세포융합을 일으키자면 반드시 이 저해작용을 없애는 융합유도인자가 있어야 한다.

붉은피알응집비루스(HVJ 즉 Hemagglutinating virus of japon, 센다이비루스)를 비롯하여 일부 비루스들이 동물세포를 융합시키는 특성이 있다.

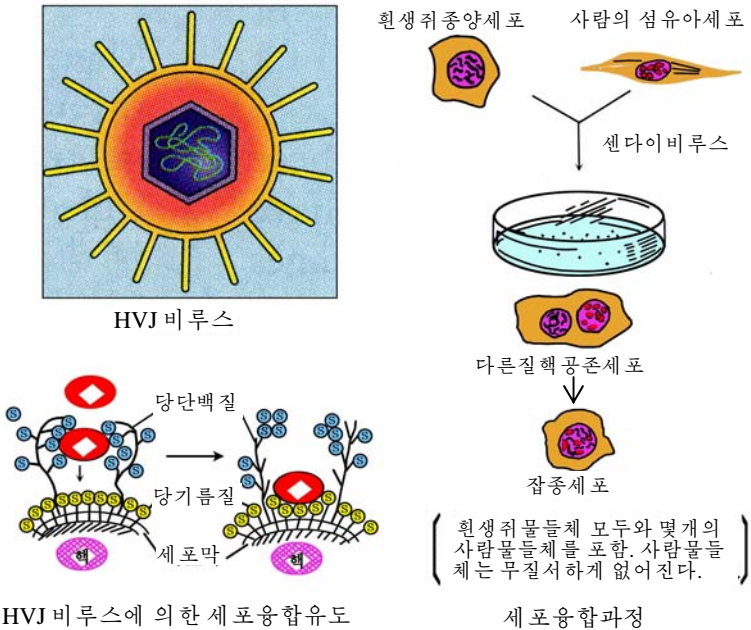



그림 4-4. HVJ에 의한 세포융합과정

두 세포가 융합된 초기에는 아직 두 핵이 하나의 세포안에 따로따로 있는 두핵세포(다른질핵공존세포)이다. 배양을 계속하면 두 핵이 융합되여 하나의 핵으로 된다. 다음 융합된 세포는 분렬한다. 얻어진 잡종세포는 식물의 몸세포잡종과 마찬가지로 대체로 두 출발세포의 중간성질을 가진다.

최근에는 동물세포융합에서 융합효률과 생존성을 높이기 위하

여 전기적자극에 의한 방법을 널리 리용하고있다.

례를 들어 클론동물을 만들 때 융합액(Ca^{2+}와 Mg^{2+}이 포함된 0.3mol/L 만니톨용액)에서 핵을 제거한 미수정란자(세포질)를 여러번 세척한 다음 핵을 주는 체세포와 그 란자의 접촉면을 전극과 평행되게 놓고 0.75~1.25kV/cm의 직류임풀스를 20~50미리초동안 통과시켜 융합세포를 얻는다.

생각하기

○ 식물세포융합과 동물세포융합에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?

3. 클론동물만들기

클론과 클론화. 어떤 하나의 생물개체나 세포 또는 유전자로부터 무성적방법으로 증식된 꼭같은 유전적조성을 가진 개체무리, 세포무리 또는 유전자무리를 **클론**(clone)이라고 부른다. 그리고 이것을 만들어내는 전과정을 **클론화**(clonig)한다고 말한다.

※ 클론이라는 말은 그리스어로《Klon》(잔가지무리)라는 용어로부터 유래되였다.

클론은 개체수준에서의 클론과 세포수준에서의 클론 그리고 유전자수준에서의 클론으로 나누어볼수 있다.

개체수준에서의 클론은 무성적방법으로 증식된 꼭같은 유전적조성을 가진 개체들의 집단이다. 그리고 이 집단의 매 개체를 **클론개체**라고 부른다. 례를 들어 가지심기나 조직배양방법으로 증식시킨 식물개체들은 클론개체들이다.

생각하기

○ 무성생식방법으로 생긴 식물개체들을 클론개체라고 하는 근거는 무엇인가?

하나의 미생물세포가 분렬하여 생긴 세포집단(균무지) 또는 시험관안에서 동식물의 단세포로부터 분렬증식된 세포무지를 **세포클론**이라고 부르며 특정한 유전자를 운반체에 련결시킨 다음 숙주세포에 넣어 다량증식시킨것을 **유전자클론**이라고 부른다.

클론동물만들기의 주요공정. 클론동물을 만들자면 먼저 배자(배체)

이식공정이 확립되여야 한다.

한 동물의 생식기에 있던 착상전의 배자를 꺼내서 같은 종의 다른 동물의 생식기에 넣어주어 착상시키고 새끼를 낳게 하는 방법을 **배자이식**이라고 부른다. 이때 배자를 내주는 동물을 **배자주는체동물**, 배자를 받는 동물을 **배자받는체동물**이라고 부른다.

배자받는체동물의 새끼집에 착상된 배자는 계속 자라서 배자주는체동물의 후대로 되여 몸밖으로 나온다.

배자이식방법을 리용하면 빠른 기간안에 새 품종의 후대를 많이 생산할수 있다. 배자이식공정이 확립되면 클론동물만들기를 비교적 쉽게 진행할수 있다.

클론동물만들기공정은 배자이식공정과 거의 같은데 다만 핵을 바꾸어넣고 세포를 융합시켜 유전적특성을 변화시키는 공정이 더 있는것이 특징이다.

클론동물을 핵주는체세포의 기원에 따라 두가지 류형으로 나눈다. 즉 배자기원성세포클론(수정란클론)과 몸세포클론으로 나눈다.

배자기원성클론은 수정란이 분렬하여 생긴 16~32세포기의 배자를 분할하여 그의 핵(2n)을 미수정란의 세포질(핵은 제거)에 이식하여 얻은 클론을 말한다.

몸세포클론은 태아섬유아세포, 젖선세포 등 이미 분화된 몸세포의 핵(2n)을 미수정란의 세포질(핵은 제거)에 이식하여 얻은 클론을 말한다.

해보기

○몸세포클론동물만들기공정을 그림식으로 그려라.

동물클론화에서 대리어미가 낳은 새끼는 핵주는체동물의 유전적특성을 가지게 된다.

클론동물만들기기술은 우량품종의 대량 빠른 증식을 비롯하여 여러가지 실천적문제해결에 리용된다.

4. 줄기세포와 그의 배양

줄기세포의 종류. **줄기세포**(Stem Cell)는 증식력이 매우 크고 여러가지 종류의 세포, 조직, 기관으로 분화될수 있는 능력을 가진 미분화된 세포이다. 그러므로 줄기세포를 《만능세포》라고도 부른다.

줄기세포는 발생의 어느 단계에서 얻은것인가에 따라 크게 배자줄기세포(배체줄기세포)와 성체줄기세포로 나눈다.

배자줄기세포는 주머니배형성단계에서 얻은 줄기세포이다.

성체줄기세포는 태아 또는 엄지의 이미 분화된 몸조직에서 얻은 줄기세포이다.

줄기세포는 또한 분화능력에 따라 전능성줄기세포, 다능성줄기세포, 단능성줄기세포로 나눈다.

전능성줄기세포는 모든 종류의 세포, 조직, 기관으로 분화될수 있는 능력을 가진 줄기세포이다. 심지어 옹근개체로 분화될수 있다. 여기에는 배자줄기세포가 속한다.

다능성줄기세포는 여러가지 종류의 세포, 조직으로 분화될수 있는 능력을 가진 줄기세포이다.

그러나 옹근개체로 될수 있는 능력은 없다.

례를 들어 간엽성줄기세포는 뼈, 삭뼈, 기름조직, 근육 등 중배엽유래의 조직으로 될수 있다. 그리고 조혈줄기세포는 붉은피알, 흰피알, 림파구, 혈소판 등 피속의 모든 세포로 될수 있다.

단능성줄기세포는 한가지 또는 기능이 밀접히 련관된 두가지 종류의 세포로 될수 있는 줄기세포이다. 여기에는 상피조직밑층의 줄기세포 등이 속한다.

생각하기

○줄기세포와 일반동물세포의 다른 점은 무엇인가?

줄기세포배양의 주요공정. 줄기세포배양에서 중요한것은 우선 줄기세포를 정확히 분리하여 배양하는것이다.

동물이나 사람의 초기배체 또는 각 기관과 조직에서 효소처리방법으로 증식이 진행되는 세포무리를 얻고 그것이 줄기세포인가 아닌가를 검정한다. 얻은 세포무지는 몸밖에서 오래동안 줄기세포특성을 유지할수 있어야 한다.

례를 들어 조혈줄기세포를 얻을 때에는 골수로부터 골수액을 수집하여 배양한다. 이때 이미 분화된 세포들은 분렬능력이 없으므로 증식하지 못한다. 계속 증식하는 세포들을 취하여 표식된 항체와의 결합상태를 평가하는 방법으로 조혈줄기세포를 확인한다.

다음 줄기세포가 증식능력을 유지하고 특정한 조직, 기관으로 분화될수 있는 여러가지 화학적 및 물리적조건을 탐색하여 잘 지어주는것이 중요하다.

줄기세포는 많은 질병치료와 손상되였거나 파괴된 세포, 조직, 기관을 수복하거나 교체하는데 널리 리용되고있다.

5. 세포공학의 리용

오늘날 세포공학이 발전하면서 새로운 품종의 농작물과 집짐승,

물고기들이 많이 만들어져 생산에 도입되고있다. 또한 세포공학이 발전하면서 희귀하고 쓸모있는 동식물들을 다량번식시키고있는것을 비롯하여 실천적으로 중요한 문제들이 해결되고있다.

첫째로, 세포공학은 식물재배에서 널리 리용되고있다.

우리 나라와 세계 여러 나라들에서는 조직배양기술을 리용하여 귀중하고 쓸모있는 식물들을 다량번식시키고있다.

우리 나라에서는 특히 불멸의 꽃들인 **김일성**화와 **김정일**화를 조직배양하여 꽃의 고유한 특징을 그대로 유지하면서 많이 번식시켜 전국 각지는 물론 세계 여러 나라들에 널리 보급하고있다. 이밖에 씨앗번식, 영양번식이 잘 안되는 식물들을 조직배양법으로 널리 번식시키고있다.

재료의 접종
유상조직유도 및 싹분화
싹증식
화분에 옮긴 모
모의 순화
싹자라기

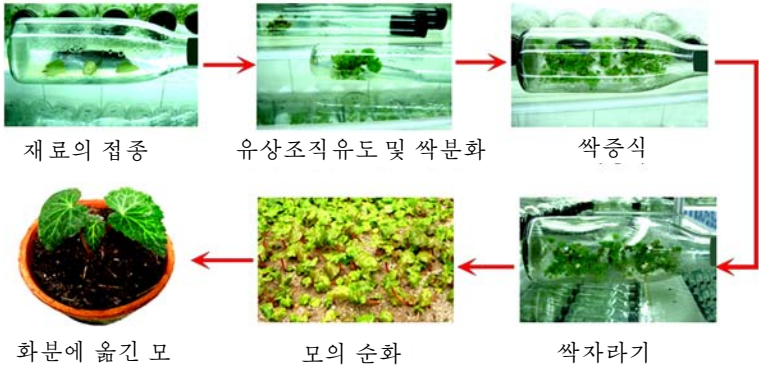



그림 4-5. 조직배양에 의한 불멸의 꽃 **김정일**화의 모생산

감자를 비롯한 영양번식작물의 생산을 늘이는데서 비루스에 의한 피해를 막는것이 매우 중요한 문제로 나서고있다. 비루스에 의한 피해를 막는데서 중요한 방도의 하나는 조직배양법으로 비루스없는 모 즉 무비루스모를 길러 생산에 도입하는것이다. 례를 들어 감자는 비루스에 감염되면 생산량이 30~50%이상 줄어든다. 그런데 감자줄기끝생장점에는 비루스가 없으므로 그것을 0.1~0.2mm 크기로 잘라내여 조직배양하면 무비루스모를 얻을수 있으며 그것을 생산에 도입하면 비루스감염에 의한 생산량감소를 막을수 있다.

우리 나라에서는 위대한 령도자 **김정일**대원수님의 현명한 령도에 의하여 무비루스감자종자를 생산하여 협동농장에 공급하는 체계가 세워졌다.

둘째로, 세포공학은 새 품종을 만드는데 널리 리용되고있다.

꽃가루를 배양하면 섞붙임육종법에 비하여 새 품종을 훨씬 짧은 기간에 만들어낼수 있다. 이미 벼, 밀, 담쟁이덩굴 등에서 새 품종들이 얻어져 생산에 도입되고있다. 그리고 원형질체를 배양

하는 과정에 생기는 변이체들로부터 새 품종을 얻고있다.

식물세포융합기술은 추위, 병균, 소금기를 비롯한 불리한 조건에 대한 견딜성이 높은 품종을 만들어내는데 많이 적용되고있다.

례를 들어 배추와 가두배추의 원형질체를 융합시켜 얻은 잡종식물은 생산에 도입되고있다.

최근 동물세포공학분야에서는 세포융합, 핵이식과 같은 무성생식방법을 써서 유전적으로 같은 개체들을 얻는 클론기술이 발전하면서 클론동물을 만들어 생산에 리용하고있다. 특히 1997년에 몸세포핵을 무핵미수정란의 세포질에 넣어 몸세포클론동물인 클론양《돌리》를 얻은 후 소를 비롯한 여러 동물에서 성공하였다.

우리 나라에서는 이미 몸세포클론토끼(2002년), 몸세포클론염소(2007년)를 만든데 기초하여 여러가지 클론동물을 얻기 위한 연구사업을 힘있게 벌리고있다.

한편 세포공학기술은 물고기육종에도 널리 리용되고있는데 이미 3배체메기 등을 얻어 생산에 도입하고있다.

셋째로, 세포공학은 여러가지 의약품, 식물색소 등을 생산하는데 적극 리용되고있다.

식물조직배양기술로 인삼사포닌을 비롯한 여러가지 귀중한 식물성약품, 식용색소를 공업적규모에서 생산하고 동물세포공학기술로 단클론항체를 다량 생산하고있다.

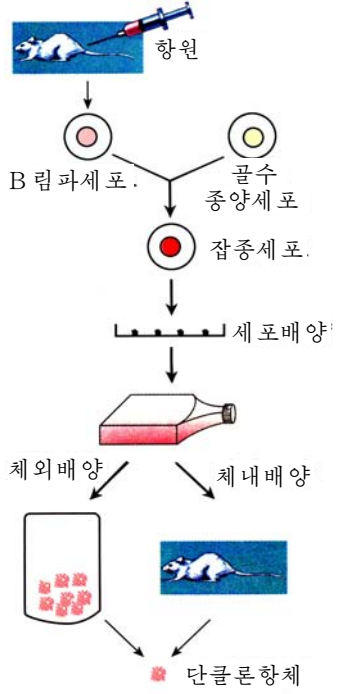



그림 4-6. 단클론항체생산공정

자료분석

단클론항체생산

단클론항체는 한 종류의 항원에 대한 항체로서 단 하나의 항원결정기에만 반응하는 항체이다. 단클론항체는 항체를 분비하는 정상조직세포와 종양세포를 융합시키고 그것을 배양하여 얻는다.(그림 4-6)

○ 단클론항체생산에서 B림파세포를 리용하는것은 무엇때문인가?

○ 단클론항체생산에서 종양세포를 리용하는것은 무엇때문인가?

넷째로, 세포공학은 줄기세포를 배양하여 사람의 내장기관이식에 필요한 심장, 간, 콩팥, 피부 등을 해결하고 주요질병을 치료하는데도 쓰인다.

1999년에 사람의 배체줄기세포를 분리해내는데 처음 성공한 후 줄기세포에 대한 연구는 빠른 속도로 발전하여 이미 줄기세포를 배양하면 심장, 위, 간 및 기타 기관의 세포가 분화된다는것이 밝혀졌고 피부, 실피줄 등을 재생해냈다.

우리 나라에서는 위대한 령도자 **김정일**대원수님의 과학기술중시로선을 관철하여 최첨단기술의 하나인 줄기세포에 대한 연구에서 큰 전진을 이룩하였다.

문 제

1. 식물조직배양과 동물조직배양의 목적과 공정에서 다른 점은 무엇인가?
2. 무비루스감자모를 얻는 공정을 그림식으로 그려라.

참 고

줄기세포기술

줄기세포들을 분리배양하여 해당한 질병상태에 따라 필요한 량만큼씩 이식함으로써 여러가지 난치성질병들을 치료하는 기술을 **줄기세포기술**이라고 부른다.

줄기세포는 손상되였거나 늙은 조직과 기관의 세포를 재생하거나 수복하여 건강을 회복시키고 수명을 연장시키며 하나의 완전한 조직, 기관을 형성하는 능력을 가지고있다. 줄기세포에는 피를 만드는 조혈줄기세포, 각종 신경세포로 분화증식할수 있는 신경줄기세포, 뼈, 심근, 힘줄, 신경, 피줄 등으로 될수 있는 간엽성줄기세포 등이 있다.

줄기세포들은 잠복상태로 있다가 적당한 환경조건이 조성되여야 분화증식한다. 줄기세포기술이 나오기 전까지는 잠복상태에 있는 줄기세포들의 분렬증식과 분화를 시동시킬수 없었다. 결과 사람의 늙기현상과 창상이나 부상으로 인한 질병들을 비롯하여 여러가지 난치성질병들을 어떻게 막고 치료하겠는가, 부족한 이식용장기를 어떻게 해결하겠는가 하는 문제에 명확한 해답을 주지 못하였다.

오늘날에는 줄기세포의 분리, 배양, 이식기술이 확립됨으로써 병없이 오래 살려는 인간의 념원을 실현하는데 밝은 전망을 주고있다. 그러므로 최근 세계 여러 나라들에서 줄기세포기술을 경쟁적으로 연구도입하고있다.

제2절. 유전자공학과 그의 리용

· 유전자공학은 어떤 공정을 거쳐 연구하며 유전자공학을 어디에 어떻게 리용하는가?

유전자공학에서는 세포공학과는 달리 목적하는 유전자만을 정확히 옮겨 재조합시키므로 생물의 유전적특성을 더욱더 사람들의 목적에 맞게 변화시킬수 있다.

그러므로 유전자공학을 **《유전자재조합기술》** 또는 **《DNA재조합기술》**이라고도 부른다.

1. 유전자공학의 기본공정

유전자공학의 기본공정은 다음과 같다.

첫째 공정은 목적하는 유전자를 얻어내는 공정이다.

목적유전자는 생물세포안에서 물들체DNA를 추출한 다음 DNA사슬에서 필요한 부분만을 끊어내는 효소인 **제한효소**를 작용시키고 원심분리하여 얻을수도 있고 새로 합성할수도 있다.

최근 진정핵생물의 유전자를 만드는데는 RNA로부터 DNA를 합성해내는 방법이 많이 쓰이고있다.

둘째 공정은 목적유전자를 다른 세포에로 나르는 **유전자운반체**를 얻는 공정이다.

유전자운반체는 인공적으로 합성하기도 하고 세균세포에서 분리해내기도 한다. 세균세포에서 얻는 경우에는 먼저 리조짐과 같은 세포벽분해효소를 작용시켜 세균세포벽을 녹이고(용균) 저장액속에서 세포막을 파괴한 다음 원심분리한다. 그러면 질량이 큰 물들체는 밑에 가라앉고 세포질에 있는 질량이 작은 고리모양의 DNA인 **플라스미드**는 우에 뜬다. 이것을 분리해내여 유전자운반체로 쓴다.

플라스미드는 다른 세포안에서도 자기와 꼭 같은것을 많이 만들어낼수 있는 특성을 가지고있다.

셋째 공정은 목적유전자를 유전자운반체에 이어붙여 재조합체를 만드는 공정이다.

유전자운반체가 준비되면 목적유전자를 이어붙일 자리만큼 제한효소로 끊어버리고 그 자리에 제한효소로 끊어 얻은 목적유전자를 **이음효소**(리가제)로 이어붙인다. 그러면 고리모양의 유전자재조합체가 얻어지고 목적유전자를 나를수 있게 된다.

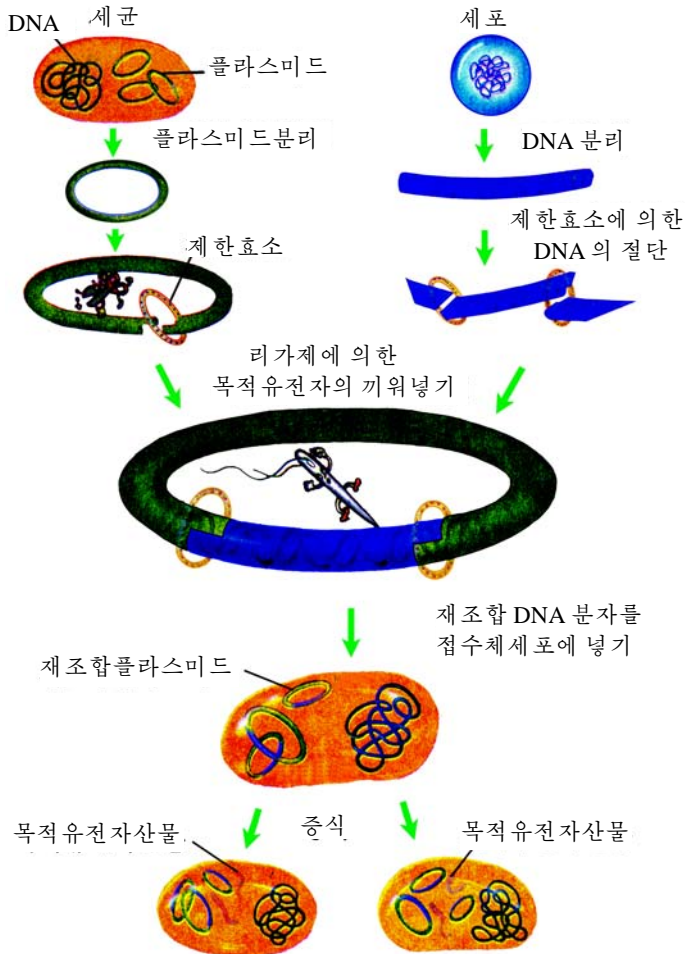



그림 4-7. 유전자공학의 기본공정

넷째 공정은 재조합체를 다른 세포(숙주세포)에 옮겨넣어 형질이 나타나게 하는 공정이다.

물질생산을 목적으로 하는 경우에는 재조합체를 숙주균(대장균)과 섞어 배양한다. 이때 배지에 $CaCl_2$의 형태로 Ca^{2+}을 넣어주면 막투과성이 높아져 재조합체가 숙주균세포에 더 잘 들어

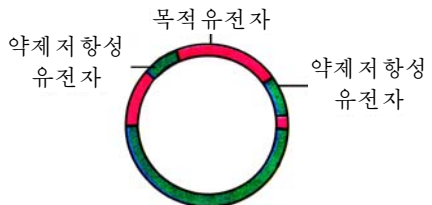



그림 4-8. 련결유전자재조합체

가게 된다.

다음 재조합체가 들어간 균무지만 갈라낸다. 재조합체를 이루고 있는 플라스미드는 약제저항성인자를 가지고있기때문에 항생제를 배지에 넣으면 다른것은 자라지 못하지만 재조합체가 들어간 균세포만은 자라므로 쉽게 재조합체균무지(형질전환체)를 갈라낼수 있다.

다섯째 공정은 세포당 목적유전자의 수를 훨씬 늘이는 **유전자증폭**공정이다.

생물의 세포속에서 합성되는 단백질의 종류는 DNA에 있는 유전자의 종류와 같으나 매 종류의 단백질이 합성되는 량은 그것을 지배하는 유전자의 수에 의존된다.

그러므로 유전자공학에서는 목적하는 물질을 더 많이 얻기 위하여 유전자를 증폭시킨다.

유전자를 증폭시키기 위하여 재조합체균무지를 여러 세대동안 계대배양한다.

최근에는 유전자증폭의 여러가지 새로운 방법들이 연구되여 짧은 기간에 많은 량의 유전자를 얻고있다.

여섯째 공정은 형질전환체를 다량증식시키고 그 특성을 검토하여 재조합체에서 목적유전자를 다시 분리해내거나 그 유전자가 만들어낸 산물을 분리정제하는 공정이다.

생각하기

- 그림 4-7을 보고 매 공정에 번호를 어떻게 써넣을수 있는가를 생각해보아라.
- 새로운 품종의 동식물을 만들어내려고 할 때에는 유전자공학의 기본공정을 어떻게 구성하여야 하는가?

목적유전자를 다시 분리하는것은 그 유전자의 구조를 연구하기 위한 재료를 얻자는데 목적이 있으며 유전자의 기능발현산물을 분리정제하는것은 그것을 사람들의 생활에 리용하자는데 목적이 있다.

2. 유전자공학의 리용

오늘 유전자공학은 여러 분야에 널리 리용되고있다.

첫째로, 유전자공학은 생물의 유전자구성을 밝히고 사람의 건강증진에 필요한 약품들과 식료공업에 쓰이는 효소를 비롯하여 쓸

모있는 물질을 생산하는데 널리 리용되고있다.

종전에는 당뇨병치료에 집짐승의 인슐린을 썼다. 100g의 인슐린을 얻자면 돼지취장 640kg이 필요된다. 그리고 집짐승의 인슐린을 오래 쓰면 부작용이 나타나며 원료도 제한되여 많은 량을 생산하기 어렵다. 그러나 지금은 사람인슐린유전자를 화학적으로 합성하여 대장균과 효모에 넣어 배양하는 방법으로 사람인슐린을 다량생산하고있다.

급성취장염, 말단비대증(손가락, 발가락이 굵어지는 병)의 치료에 귀하게 쓰이는 소마토스타틴(호르몬제의 일종)이라는 약은 종전에는 동물의 뇌조직에서 뽑아 만들었다.

5g의 소마토스타틴을 얻자면 양 50만마리가 있어야 한다. 그러나 지금은 대장균을 배양한 액 1t이면 이것을 얻을수 있게 되였다.

난쟁이병을 예방하고 체격을 크게 하는 성장호르몬, 항비루스 및 항암작용물질인 인터페론, 뇌혈전예방치료에 쓰이는 우로키나제 등 사람몸에서 만들어지는 물질들을 유전자공학적방법으로 값눅게 생산하고있다.

유전자공학적방법으로 병치료와 식료공업에 쓰이는 효소의 합성능력을 높이고 여러가지 단백질을 생산하는 기술도 개발되고있다.

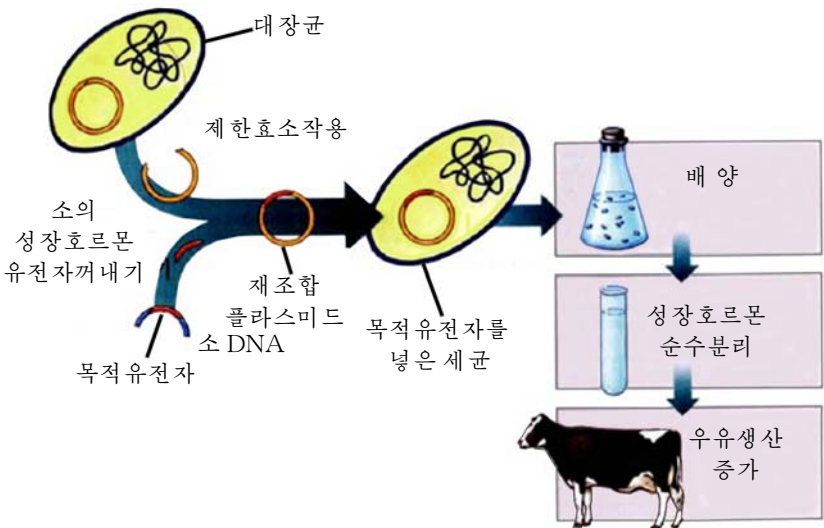



그림 4-9. 소의 성장호르몬생산공정

둘째로, 유전자공학은 우량한 농작물과 집짐승을 얻고 유전병을 치료하는데 리용되고있다.

농작물의 새로운 품종을 만들어내는데는 유전자옮겨넣기방법(유전자전이방법)을 리용한다.

유전자전이방법으로 1986년에 처음 병해충저항성담배를 얻은 후 이에 대한 연구가 활발히 진행되여 살초제저항성을 가진 감자, 담배, 도마도, 병해충저항성을 가진 벼, 강냉이, 감자, 목화, 유채, 뽕나무 등을 얻었고 그가운데서 일부는 생산에 도입되고있다.

우리 나라에서는 벼, 강냉이, 유채, 뽀뿌라나무 등을 재료로 형질전환식물체를 얻었고 새로운 품종으로 완성하기 위한 연구사업이 힘있게 벌어지고있다.

유전자전이방법은 동물육종에도 리용되고있다.

특히 소의 성장호르몬유전자를 돼지에 넣어주어 유전자전이돼지를 만들었다. 이 돼지는 하루 몸질량 증가와 사료리용률이 매우 높고 살가죽밑의 기름질이 적어지면서 고기의 조성도 변하였다.

또한 유전자전이된 닭, 토끼, 양, 소, 물고기 등도 육종되여 생산에 도입되고있다.

생각하기

○ 유전자공학적방법으로 동물의 젖속에 약성분이 포함되게 하자면 어떻게 하여야 하는가?

이밖에 유전자공학은 사람의 유전병치료를 비롯하여 여러 분야에 널리 리용되고있다.

문 제

1. 유전자공학의 기본공정을 그림식으로 그려라.
2. 세포공학과 유전자공학에서 같은 점과 다른 점은 무엇인가?
3. 유전자전이농작물을 만들면 좋은 점만 있겠는가, 왜 그런가?

참 고

게놈과 게놈공학

게놈(genome)이란 말은 유전자(gene)와 물들체(chromosome)라는 용어로부터 유래되였다.

생물이 생명을 유지하는데 필요한 가장 적은 한조의 유전정보의 총체 즉 생물이 살아가는데 필요한 최소한계의 유전자모임 또는 물들체모임을 **게놈**이라고 부른다.

보통 정상적인 생물(2배체)은 2개의 게놈을 가지고있고 생식세포는 한개의 게놈을 가지고있다. 한조의 물들체에 있는 유전자들의 모임이 바로 하나의 게놈에 해당한다.

례를 들어 사람에게서는 23개로 이루어진 한조의 물들체속에 모든 생명활동을 보장하는데 필요한 유전자들이 한조로 들어있고 벼에서는 12개로 이루어진 한조의 물들체속에 벼의 생명활동을 보장하는데 필요한 유전자들이 들어있다.

유전자공학에서는 개별적인 유전자들을 다루지만 게놈공학에서는 여러 유전자들이 들어있는 물들체토막, 큰 DNA를 다루는것이 특징이다.

게놈공학은 비교적 최근에 발생한 생명과학의 한 분야이지만 사람과 동식물, 미생물게놈의 본태를 밝히고 응용하기 위한 연구를 힘있게 벌려 이미 사람들의 건강과 장수, 농작물과 집짐승을 비롯한 많은 생물들의 육종에 리용되고있다.

제3절. 생물학의 전망

· 생물학의 발전추세와 전망은 어떠한가?

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《학생들은 세계생물학발전추세에 민감하여야 하며 현대생물학의 새로운 분야를 개척하기 위한 과학탐구를 힘있게 벌려야 합니다.》

생물학분야에서는 생명현상연구에 수학, 물리학, 화학 등 여러 분야에서의 성과들과 현대적인 수단, 방법들을 적용하게 되면서 눈부신 발전을 이룩하고있다.

지난 시기 생물학부문에서는 생명현상의 본질을 여러가지 측면에서 종합적으로 깊이 밝히지 못하였고 그 성과를 실천에 적용하기 위한 방도연구에서도 일정한 부족점이 있었다.

이러한 부족점을 없애기 위하여 생명의 비밀을 여러가지 측면에서 깊이 연구하고 그 성과를 알곡과 남새, 고기, 물고기, 알을 비롯한 농산물과 축산물, 수산물의 생산을 훨씬 늘이며 사람들의 건강을 보호증진시키고 생태환경을 보호하는 등 실천문제해결에 적용할것을 목적으로 하는 종합적인 학문인 생명과학이 나오게 되였다.

생명과학은 정보과학과 함께 1980년대이후 자연과학가운데서 제일 연구가 활발한 분야의 하나로 되였으며 경제발전과 사람들의 생활에 결정적인 영향을 미치고있다.

생명과학분야에서는 이미 사람게놈구조해석, 줄기세포연구, 클론동물과 유전자전이동물만들기, 내장기관이식 등에서 이룩된 성과에 기초하여 날이 갈수록 세계적으로 더욱더 중요한 문제로 제기되고있는 식량, 에네르기자원, 난치병예방과 치료, 환경보호 등을 해결하기 위한 연구사업을 힘있게 벌리고있다.

그러면 한창 연구중에 있는 주요문제들과 그의 전망은 어떠한가.

생명과학분야에서는 첫째로, 게놈에 대한 연구에 힘을 넣고있다.

1990년부터 2005년까지를 목표로 진행된 사람게놈구조해석계획은 2년 앞당겨 2003년에 끝났다. 연구결과 사람게놈은 30억개의 염기쌍으로 이루어졌고 밀도가 제일 높은 물들체는 19번이고 제일 낮은것은 13번물들체와 Y물들체라는것이 밝혀졌다.

사람게놈의 염기배렬순서가 확정된 후 게놈에 대한 생명과학연구는 제2단계에 들어갔다. 그의 주요목표는 매 유전자들의 위치와 기능을 밝히는것이다. 이것이 밝혀져야 유전자왁찐만들기, 유전병의 유전자진단, 개인유전자신분증 만들기 등 실천적문제들을 해결할수 있다.

게놈에 대한 연구에서는 주요미생물과 동식물의 게놈해석을 진행하는것도 목표로 하고있다.

둘째로, 유전자전이기술의 연구와 응용에 힘을 넣고있다.

20세기말 유전자전이담배, 유전자전이총명쥐 등을 얻은 후 유전자전이된 벼, 강냉이, 유채, 돼지, 소, 토끼, 양, 메기 등 유전자전이동식물이 적지 않게 얻어졌다.

유전자전이기술의 중요한 목적은 세계적으로 날로 심각해지고있는 먹는 문제, 식량문제를 해결하는것이다.

유전자전이방법으로 생산성이 높고 품질이 좋으며 불리한 조건에 대한 견딜성이 센 품종들을 얻을수 있으므로 그것을 먹고 리용하는 사람들의 건강과 생태환경에 해를 끼치지 않도록 하는것을

전제로 하면서 이 기술은 계속 발전하고있다.

셋째로, 클론기술과 줄기세포배양기술의 연구와 응용에 계속 큰 힘을 넣고있다.

특히 클론동물만들기기술과 줄기세포배양기술 및 유전자전이기술이 서로 배합되여 사람의 내장기관이식에 필요한 심장, 간, 콩팥, 피부 등을 해결하고 당뇨병을 비롯한 주요질병들을 치료하기 위한 연구가 적극 진행되고있다.

또한 클론동물만들기기술과 유전자전이기술이 서로 배합되여 새로운 좋은 품종을 만들어내고 유전병을 치료하며 약을 생산하기 위한 연구도 힘있게 진행되고있다. 앞으로 유전자전이클론동물의 젖을 리용하여 귀중한 약을 손쉽게 다량생산하는 《클론동물제약공장》이 생겨나게 될것이다.

넷째로, 생명과학분야에서는 유전자치료에도 힘을 넣고있다.

유전자치료는 병을 일으키는 유전자자체의 결함을 고치거나 유전자를 교체하여 정상유전자의 작용이 나타나게 함으로써 병을 치료하는 방법이다.

유전자치료의 주요대상은 혈우병, 지중해빈혈병, 암, 관절염, 심장혈관병 등 15가지이상의 고치기 어려운 병들이다. 유전자치료에서는 목적하는 유전자를 정확히 파녁세포에만 넣어주어 효과적으로 형질을 발현시키는 문제가 중요하게 제기된다.

1990년에 어느 한 나라에서 백혈병에 대한 유전자치료를 진행한 후 지금까지 적지 않은 성과들이 이룩되였다.

앞으로 2020년에 가면 유전자치료는 하나의 보편적인 병치료방법으로 될것이며 이렇게 되면 새 세기에 사람들의 건강증진과 의학분야에서 큰 변혁이 일어날것이다.

다섯째로, 생태환경과 생물다양성보존에 큰 힘을 넣고있다.

세계적으로 경제가 발전하는데 맞게 환경보호대책을 잘 세우지 않아 환경오염, 생태파괴, 생물다양성손상 등 여러가지 문제들이 생겨 사람들의 생존과 사회의 발전에 큰 지장을 주고있다.

생명과학분야에서 생물다양성보존에 큰 주의를 돌리는것은 생물다양성이 경제발전과 사람들의 생활에서 큰 의의를 가질뿐아니라 하나의 생물종이라도 없어지면 다시 생겨나게 할수 없기때문이다.

여섯째로, 나노생물기술의 발전과 응용에 큰 힘을 넣고있다.

나노기술은 나노척도인 0.1~100nm의 범위에서 원자와 분자적

현상에 대한 기초연구와 응용연구를 진행하는 새로운 과학기술분야이다.

나노생물기술은 나노기술을 리용하여 생명현상의 본질을 깊이 해명하고 그 응용방도를 찾아내는 나노기술의 한 적용분야이다.

즉 생물공학기술과 나노기술이 결합된것을 말한다. 그러므르 나노생물기술을 나노생물공학이라고도 부른다.

나노생물기술은 나노척도의 생물학적원리를 리용하여 새로운 현상을 발견하며 나노생물소자와 생물콤퓨터, 분자로 된 기계(분자기계) 등을 만들어낼것을 주요목표로 하고있다. 이미 생물체의 정보처리능력에 가까운 DNA소편, DNA콤퓨터 등을 만들었다.

DNA소편은 반도체극미세가공기술을 리용하여 높은 밀도로 한오리의 서로 다른 많은 올리고누클레오티드를 붙인 $2cm^3$이하의 규소쪼각이다. 이것을 리용하면 지난 시기에 2시간 걸리던 DNA의 염기배렬분석을 1분동안에 할수 있다.

DNA콤퓨터는 DNA의 자가복제능력과 A와 T, G와 C가 결합하는 원리를 리용하여 만들었다.

전자콤퓨터는 두개의 신호《0》과《1》에 기초하여 계산을 진행하지만 DNA콤퓨터는 수자를 대응하는 염기배렬로 바꾼 다음 이염기배렬을 조작할 때 생기는 새로운 염기배렬을 다시 수자로 되돌려 계산한다.

DNA콤퓨터는 지금의 고성능콤퓨터에 비하여 계산속도가 훨씬 빠르고 전기가 필요없으며 따라서 에네르기효률이 아주 높다.

지금 DNA콤퓨터는 게놈해석에 리용되고있다.

앞으로 나노생물기술이 더욱 발전하면 쓸모있는 생물들의 게놈이 빨리 해석될것이며 생체분자로 된 생물소자, 세균초리털발동기와 같은 분자기계, 사람의 뇌수와 비슷한 기능을 가진 생물콤퓨터, 생물이 가지고있는 우수한 물질인식기능을 리용 또는 모방한 생물나노수감기, 인공심장용재료를 비롯한 생물의학용재료, 병든 부분에 필요한 시간안에 정확히 약물을 운반하는 약물운반체계 등을 개발, 제작하게 될것이다.

생명과학분야에서는 이밖에도 세계적으로 석탄, 원유를 비롯한 천연에네르기자원이 점점 줄어들고있는것과 관련하여 미생물과 효소를 리용하여 생체물질로부터 연료와 전기를 다량생산하는 문제, 정신분렬증을 비롯한 뇌수와 관련된 병의 원인, 학습과 기억, 언어활동, 의식, 운동조절의 본질 등에 대한 연구도 힘있게 진행되

고있다. 사람의 기억이나 동물의 운동조절을 잘 모방하면 훌륭한 생물로보트도 만들어낼수 있을것이다.

21세기는 생명과학의 세기라고도 말할수 있다.

우리는 생명과학의 발전추세와 전망을 잘 알고 생물학습을 더 잘 하여 강성국가를 건설하며 최첨단을 돌파하기 위한 투쟁에서 앞장서 나가야 한다.

문 제

1. 생명과학에서는 어떤 문제의 해결에 힘을 넣고있는가?
2. 우리 나라의 생명과학을 빨리 발전시키는데 적극 이바지하자면 어떻게 하여야 하는가?

생물(중학교 제6학년용)

집 필 **교수 박사 로명숙, 부교수 박화순, 부교수 오일진, 조승혁**
심 사 **심의위원회**
편 집 **부교수 김원범** 콤퓨터편성 **김승옥**
장 정 **류명심** 교 정 **오혜란**

낸 곳 **교육도서출판사**
인쇄소 **교육도서인쇄공장**
인 쇄 주체101(2012)년 3월 2일 발 행 주체101(2012)년 3월 12일

교-11-보-279 값 30 원